

Mapas

Robótica

Prof. Carlos Carreto
2011/2012



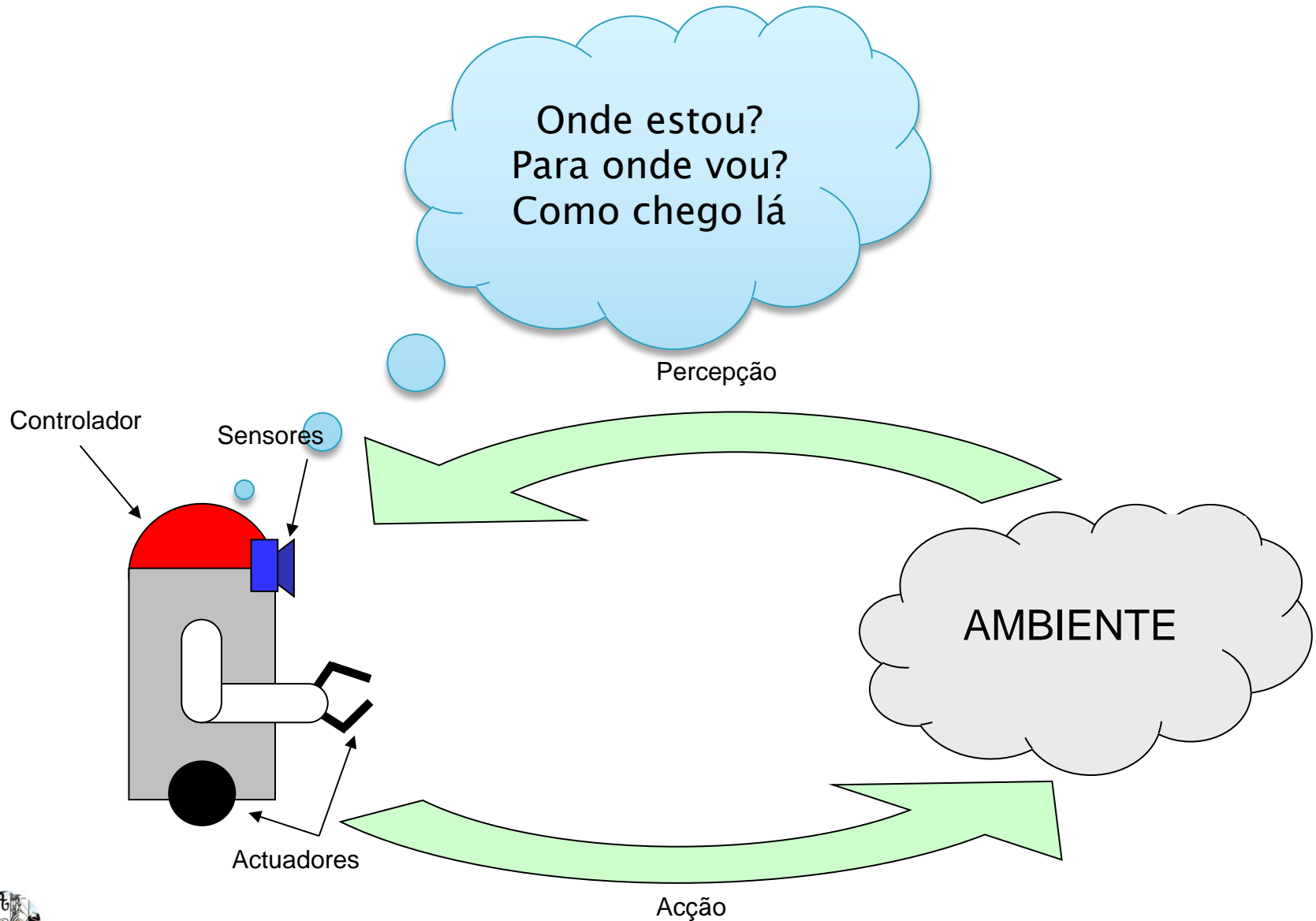
Engenharia Informática
Instituto Politécnico da Guarda

Sumário

- ▶ Motivação
- ▶ Tipos de Mapas
- ▶ Navegação com Mapas
- ▶ Geração de Mapas

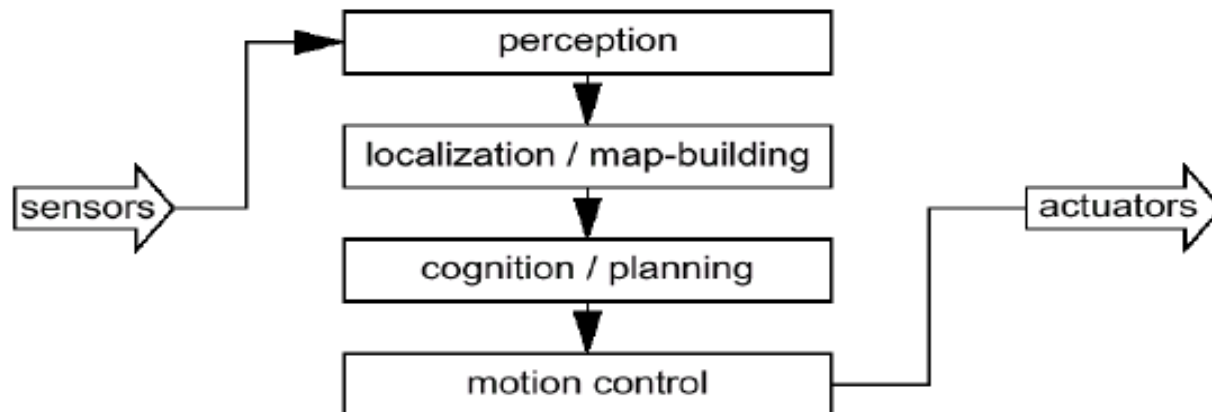


O Problema da Navegação



Motivação

- ▶ Tipicamente o robô navega usando mapas do ambiente e localizando-se nesses mapas.
- ▶ Em algumas aplicações o robô constrói ele próprio mapa do ambiente – SLAM (Simultaneous Localization And Mapping).



Conceito de Mapa

- ▶ Os mapas são representações do ambiente usados na implementação de estratégias de localização e navegação de robôs móveis.
- ▶ Tipos de problemas
 - ▶ Mapa conhecido e localização conhecida
 - ▶ Mapa conhecido e localização desconhecida
 - ▶ Mapa desconhecido e localização desconhecida
- ▶ Tipos de mapas
 - ▶ Mapas Sensoriais
 - ▶ Mapas Métricos
 - ▶ Mapas Topológicos



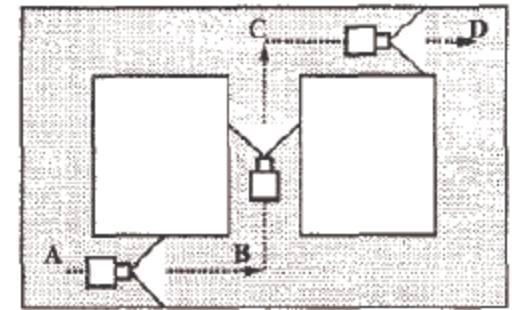
Tipos de Mapas

► Mapas Sensoriais

- Representam o ambiente directamente a partir das leituras dos sensores.
- A informação armazenada corresponde aos dados em bruto obtidos a partir dos sensores: nuvem de pontos (Sonar, IR, Laser) ou imagens (Câmaras).

(1) Recording Run

Memorizing views along the route



View-Sequenced Route Representation (VSRR)



[Matsumoto, Inaba, Inoue 1996]

Tipos de Mapas

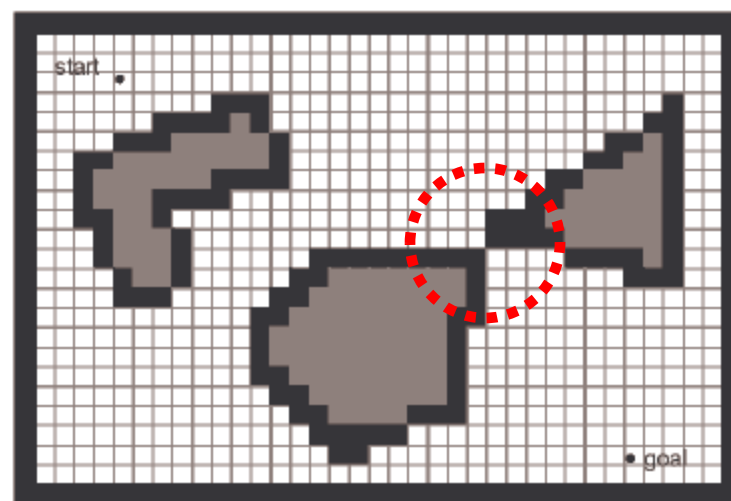
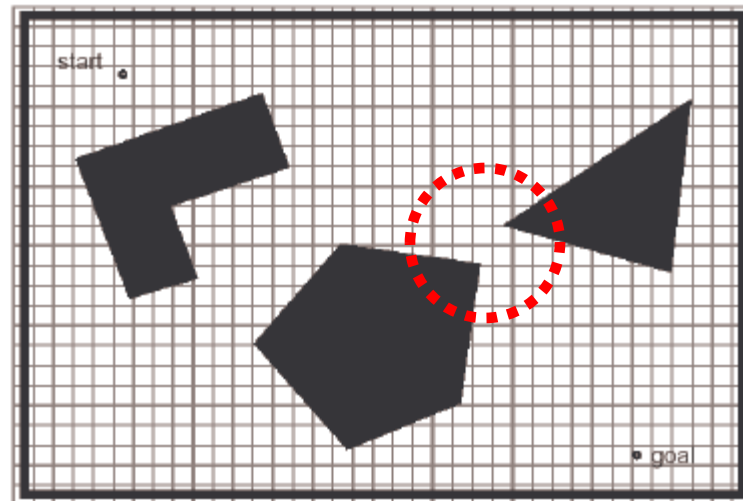
▶ Mapas Métricos

- ▶ Representam a descrição métrica do ambiente.
- ▶ Podem ser definidos à priori e fornecidos ao robô, ou construídos pelo próprio robô a partir das leituras sensoriais do ambiente (SLAM).
- ▶ Tipos de Mapas Métricos:
 - ▶ Mapa de Ocupação 2D ou 3D (Grelhas de Ocupação)
 - ▶ Mapa Geométrico 2D ou 3D (ex: planta baixa 2D ou modelo VRML do ambiente)



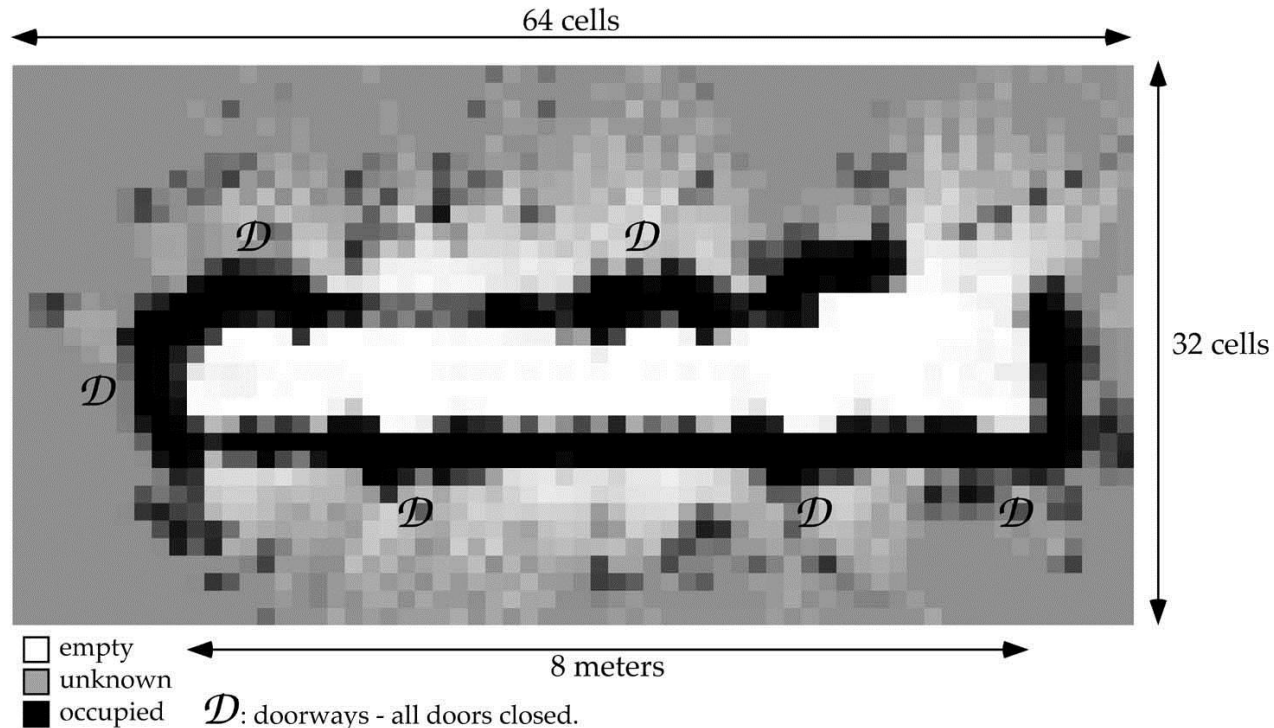
Tipos de Mapas

- ▶ Mapas Métricos (Grelha de Ocupação)
 - ▶ Representam o espaço através de uma grelha onde cada célula contém informação sobre a presença ou ausência de obstáculos no espaço correspondente.
 - ▶ Configuração:
 - ▶ Resolução/Amostragem (Lin x Col)
 - ▶ Dimensão/Proporção (cada elemento da grelha corresponde a $X \text{ cm}^2$)
 - ▶ Informação na célula da grelha (valor binário, valor probabilístico)



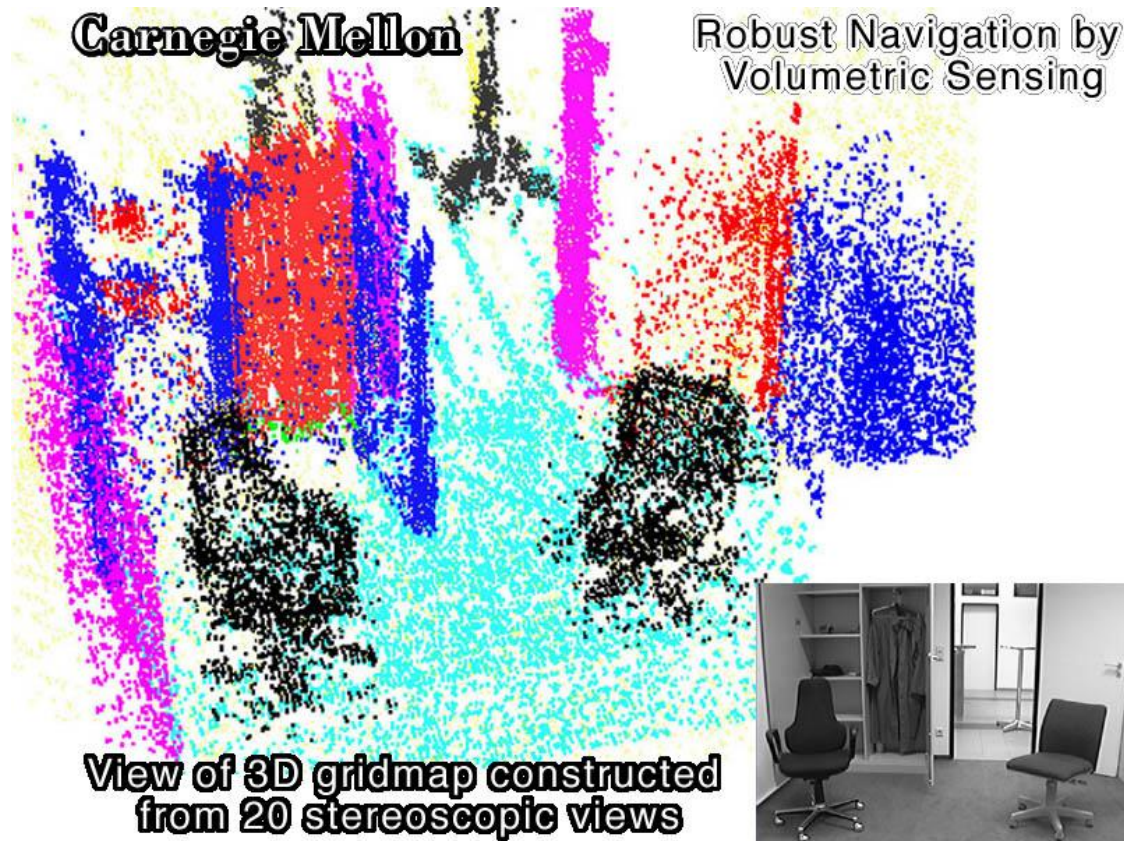
Tipos de Mapas

- ▶ Mapas Métricos (Grelha de Ocupação)
 - ▶ Tipicamente as células da grelha contêm informação probabilística sobre a crença da célula estar ocupada ou livre (na figura a informação probabilística é representada com uma escala de tons de cinzento).



Tipos de Mapas

- ▶ Mapas Métricos (Grelha de Ocupação 3D)

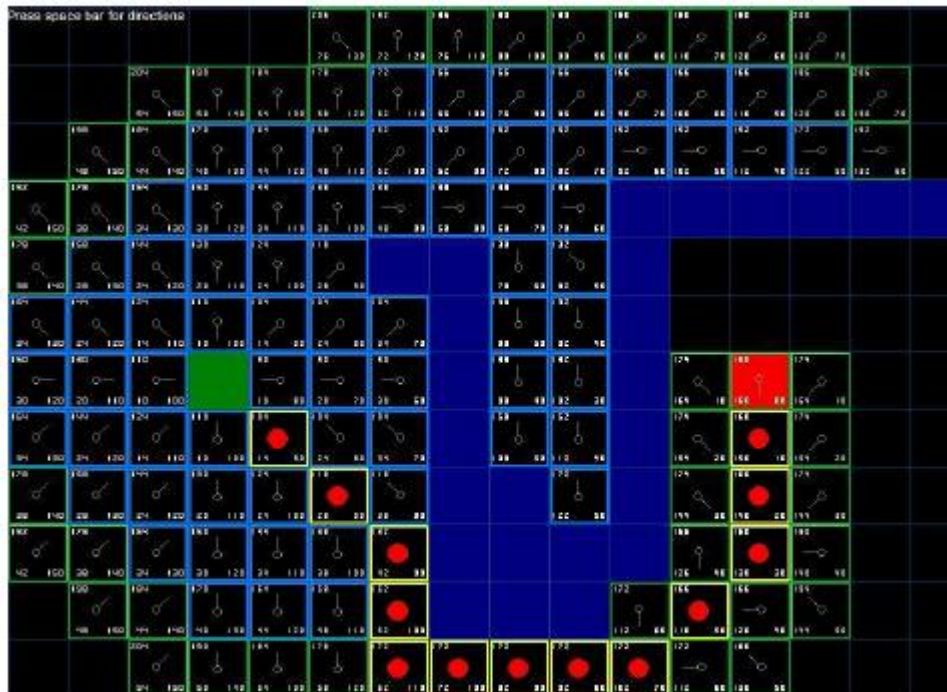


<http://www.frc.ri.cmu.edu/users/hpm/talks/ARPA.MARS.reports.99/Report.9908.html>



Tipos de Mapas

- ▶ Mapas Métricos (Grelha de Ocupação 2D)
 - ▶ Representação para planeamento de caminhos



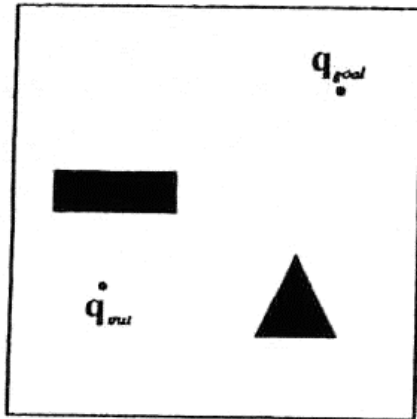
A Star (A*)

Algoritmos como Dijkstra e A* podem ser aplicados directamente na grelha.

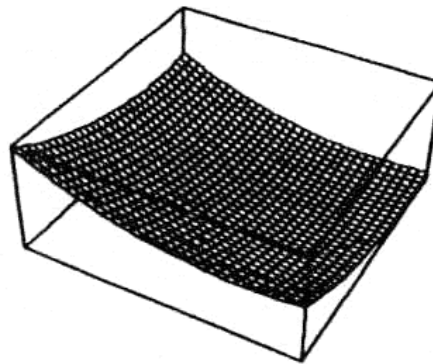
Tipos de Mapas

- ▶ Mapas Métricos (Grelha de Ocupação 2D)
 - ▶ Representação para planeamento de caminhos

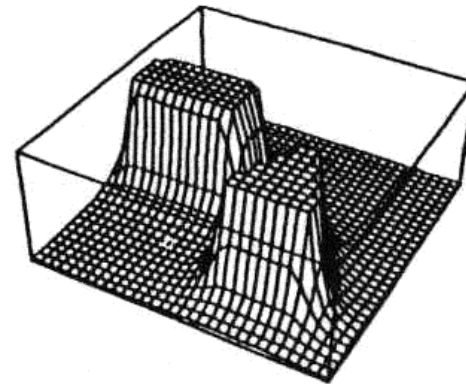
Campos de Potencial



Obstáculos e posições inicial e final



A posição final cria um Potencial Atractivo

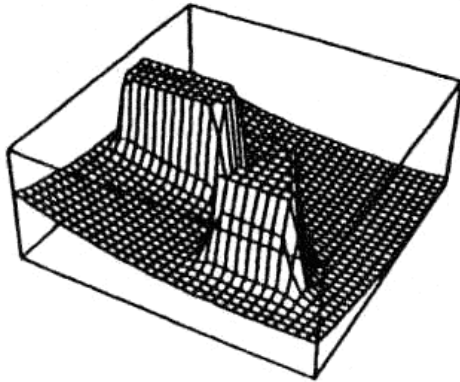


Os obstáculos criam um Potencial Repulsivo

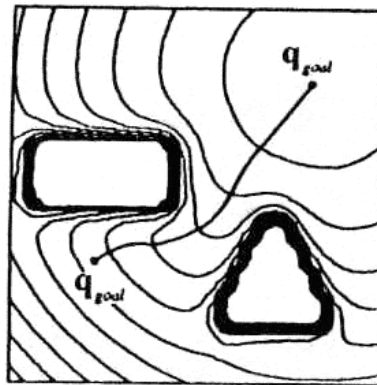
Tipos de Mapas

- ▶ Mapas Métricos (Grelha de Ocupação 2D)
 - ▶ Representação para planeamento de caminhos

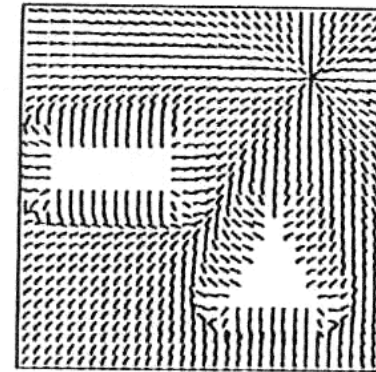
Campos de Potencial



Soma dos potenciais



Contornos com potencial igual



A Soma dos potenciais
atractivo e repulsivo cria
Um Gradiente de Navegação

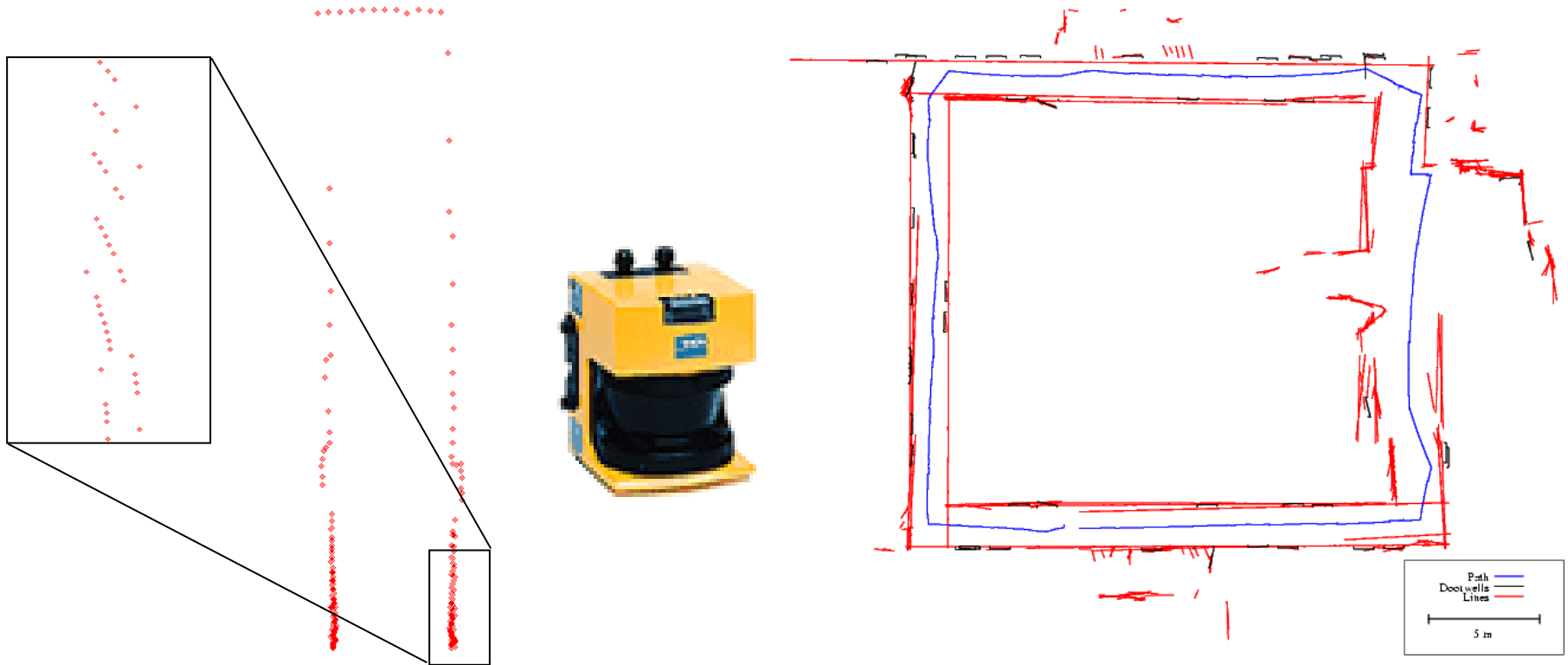
Tipos de Mapas

- ▶ Mapas Métricos (Mapa Geométrico 2D)
 - ▶ Representam os objectos do ambiente através de elementos geométricos básicos como segmentos de recta.



Tipos de Mapas

- ▶ Mapas Métricos (Mapa Geométrico 2D)
 - ▶ Podem ser criados pelo robô a partir dos mapas sensoriais.



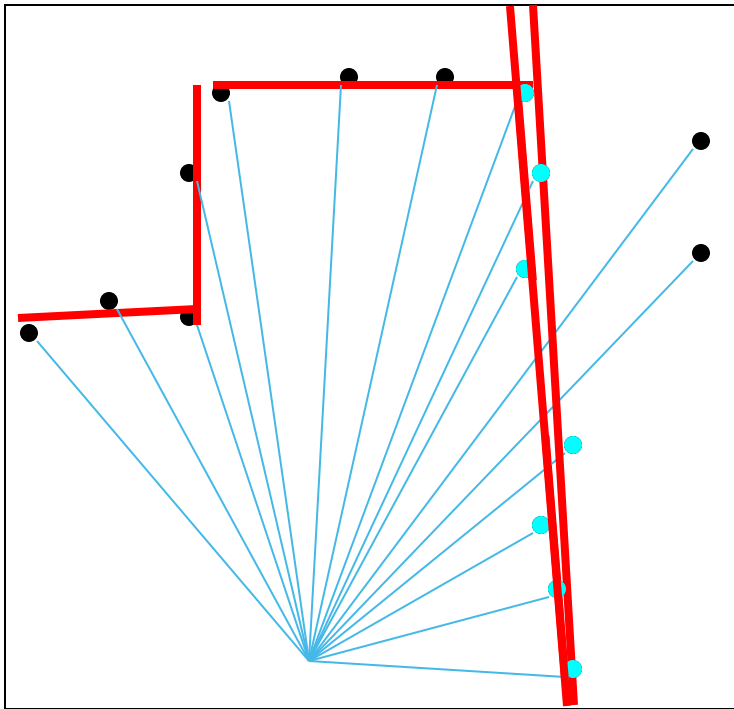
<http://www.cs.wustl.edu/~ajm7/map>



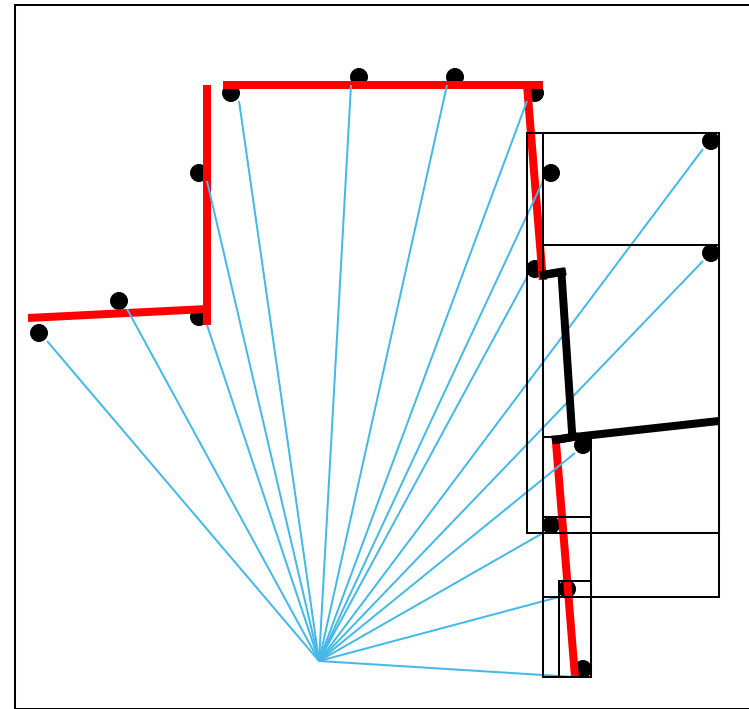
Tipos de Mapas

- ▶ Mapas Métricos (Mapa Geométrico 2D)
 - ▶ Podem ser criados pelo robô a partir dos mapas sensoriais.

Deteção de Linhas



Deteção de portas (aberturas)



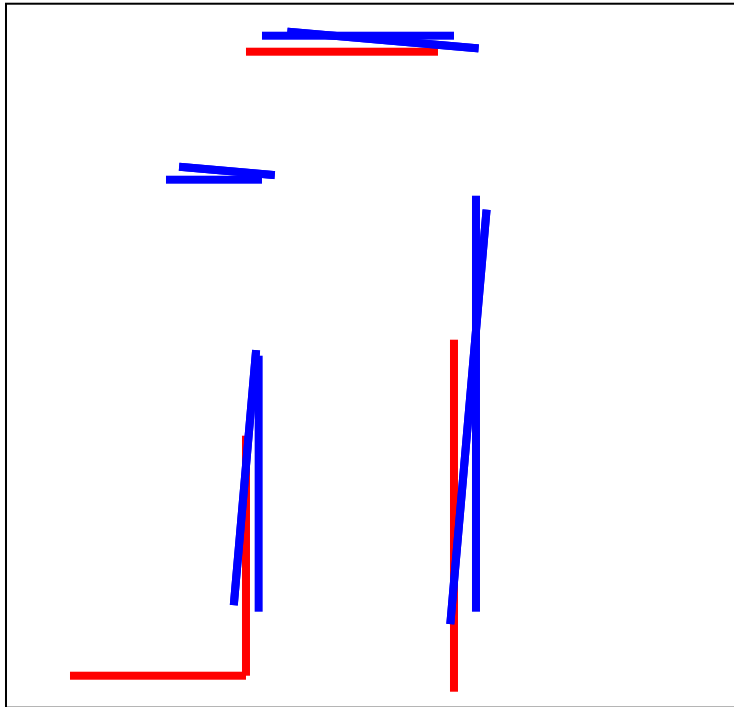
<http://www.cs.wustl.edu/~ajm7/map>



Tipos de Mapas

- ▶ Mapas Métricos (Mapa Geométrico 2D)
 - ▶ Podem ser criados pelo robô a partir dos mapas sensoriais.

■ Old Reading ■ New Reading



Métodos para resolver problemas de múltiplas leituras:

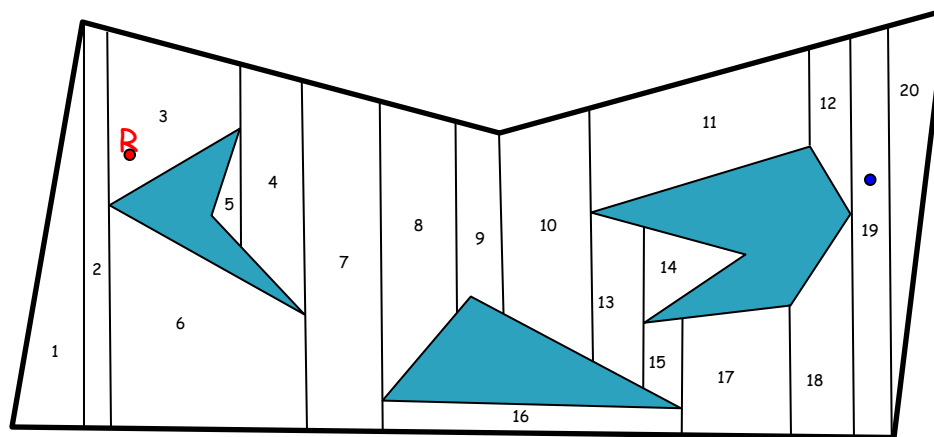
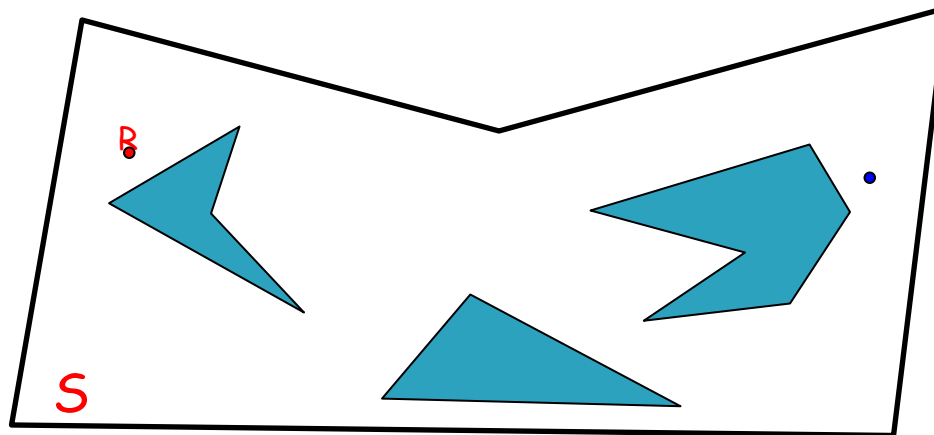
- ▶ Match lines
- ▶ Histogram angle correction
- ▶ Choose largest value
- ▶ Average winning lines
- ▶ Apply rotation

<http://www.cs.wustl.edu/~ajm7/map>



Tipos de Mapas

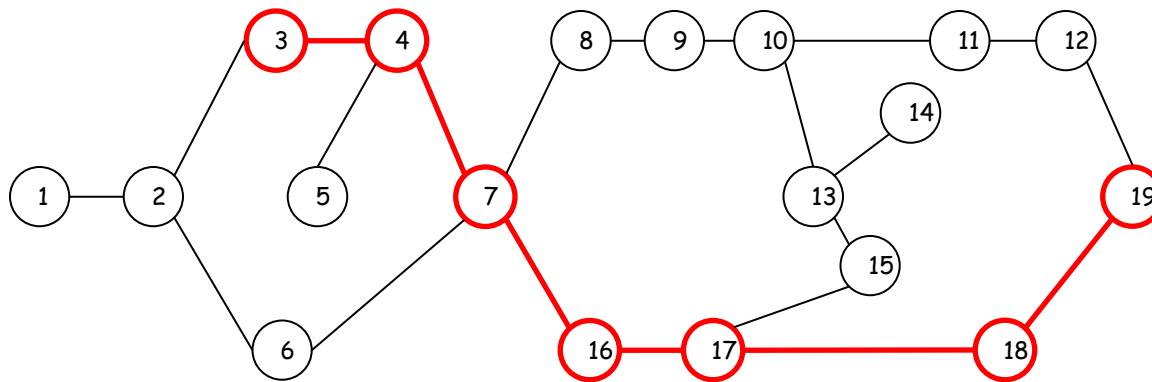
- ▶ Mapas Métricos (Mapa Geométrico 2D)
 - ▶ Representação para planeamento de caminhos



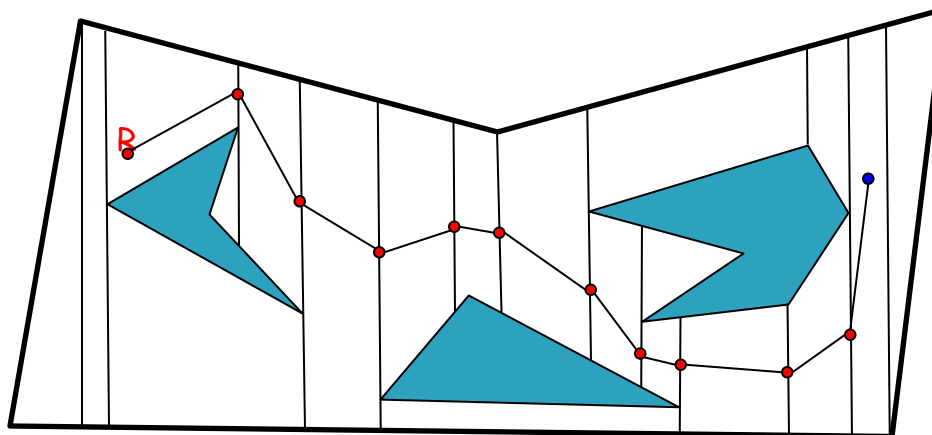
Decomposição
Celular

Tipos de Mapas

- ▶ Mapas Métricos (Mapa Geométrico 2D)
 - ▶ Representação para planeamento de caminhos



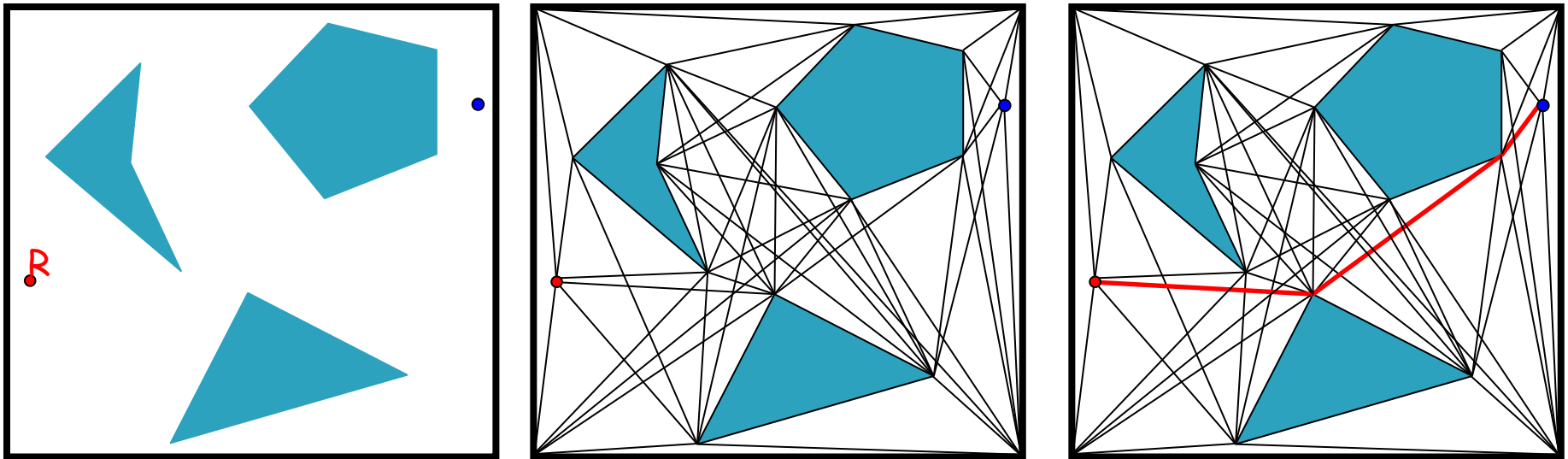
Decomposição
Celular



Tipos de Mapas

- ▶ Mapas Métricos (Mapa Geométrico 2D)
 - ▶ Representação para planeamento de caminhos

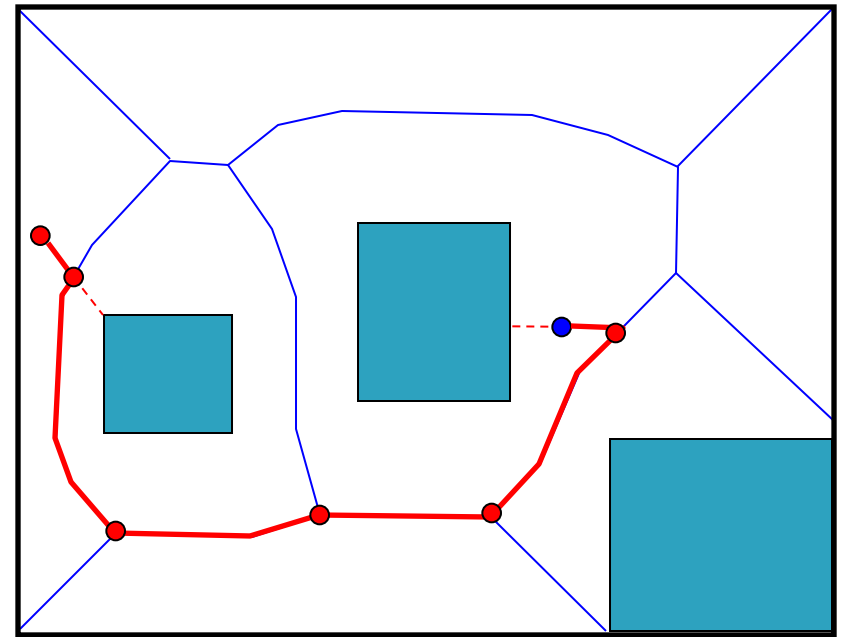
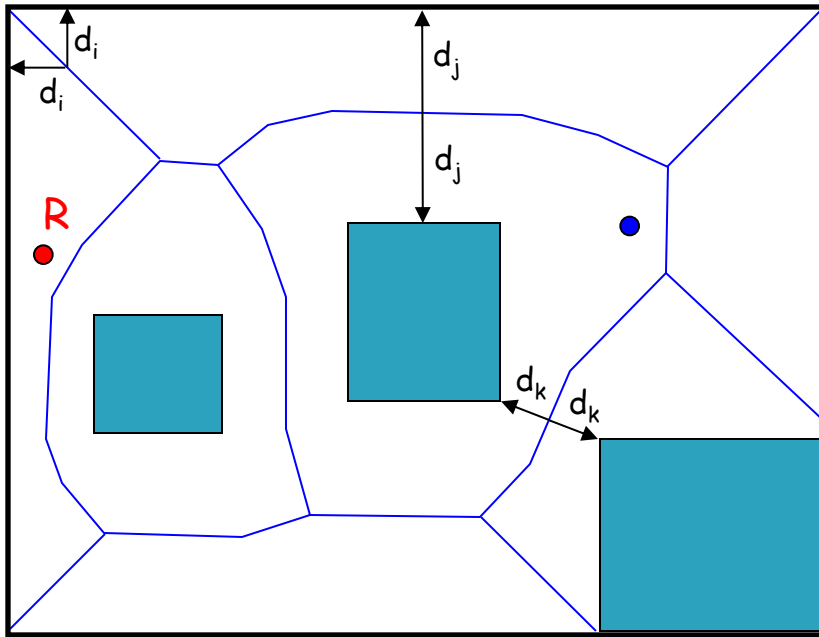
Grafo de Visibilidade



Tipos de Mapas

- ▶ Mapas Métricos (Mapa Geométrico 2D)
 - ▶ Representação para planeamento de caminhos

Diagrama de Voronoi

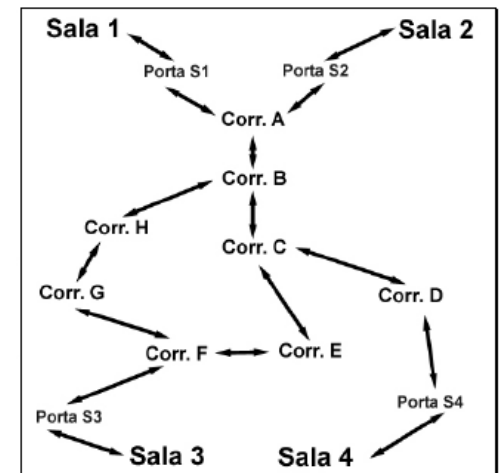
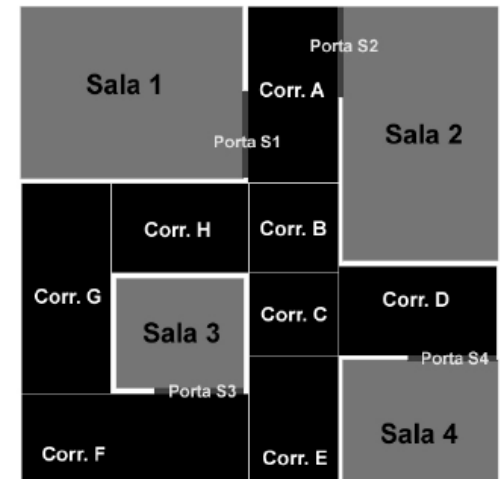
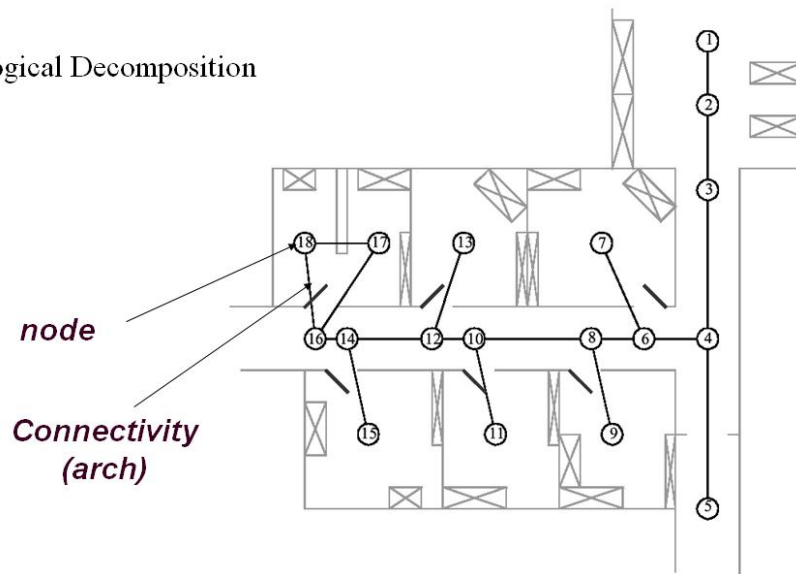


Tipos de Mapas

► Mapas Topológicos

- Armazenam informação sobre a conectividade do ambiente. Identificam regiões do ambiente e a conectividade entre as mesmas.

• Topological Decomposition



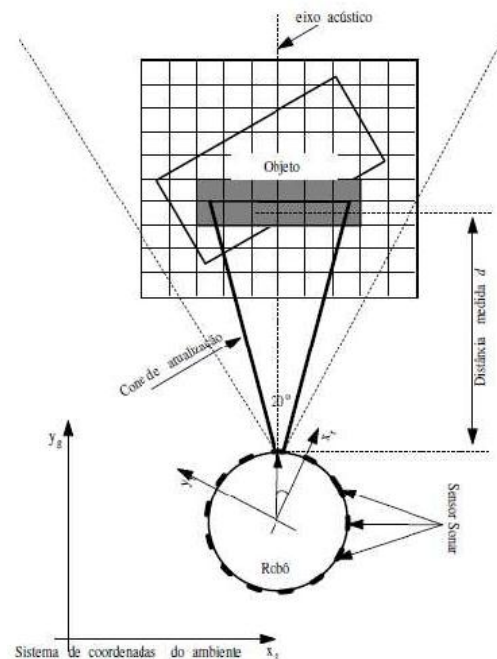
Navegação com Mapas

- ▶ O tipo do mapa define o algoritmo de navegação a usar.
- ▶ Exemplos:
 - ▶ Mapa de Ocupação
 - ▶ Dijkstra, A*, Campos de Potencial, etc
 - ▶ Mapa Geométrico 2D:
 - ▶ Decomposição Celular, Grafo de Visibilidade, Dijkstra, A*, etc
 - ▶ Mapa Topológico
 - ▶ Navegação por marcadores de posição



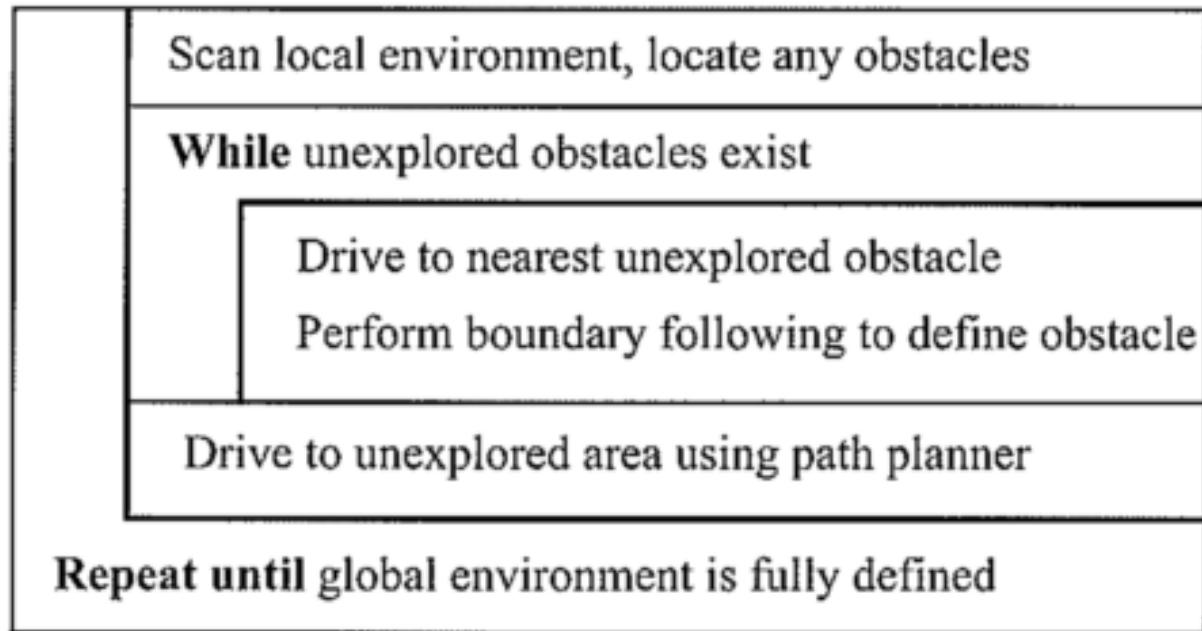
Geração de Mapas

- ▶ Exemplo de um algoritmo para geração de mapas [Brauni 2003]
 - ▶ Objectivo: Gerar um mapa com todos os obstáculos do ambiente.
 - ▶ Baseado no Algoritmo HMM Histogramic In-Motion Mapping [Borenstein 91]



Geração de Mapas

► Algoritmo

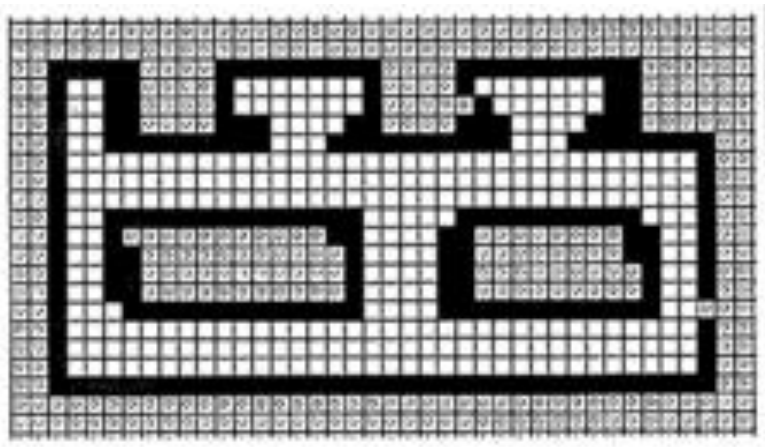


Geração de Mapas

► Representação dos dados

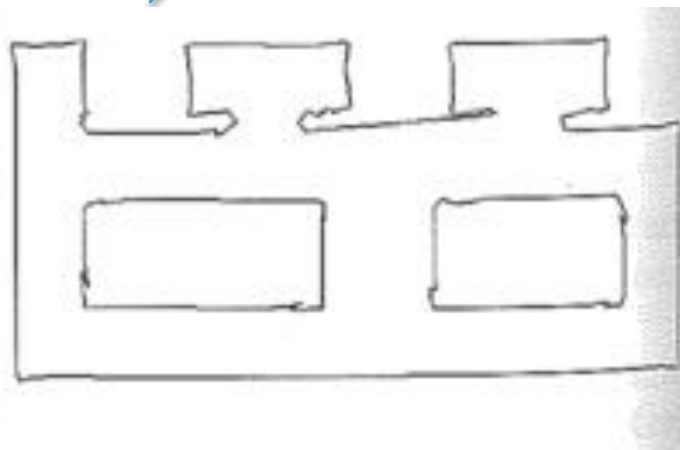
Grelha de ocupação usada para:

- Navegar para zonas inexploradas
- Localizar o robô
- Representar do espaço livre e ocupado
- Determinar se o mapa está completo



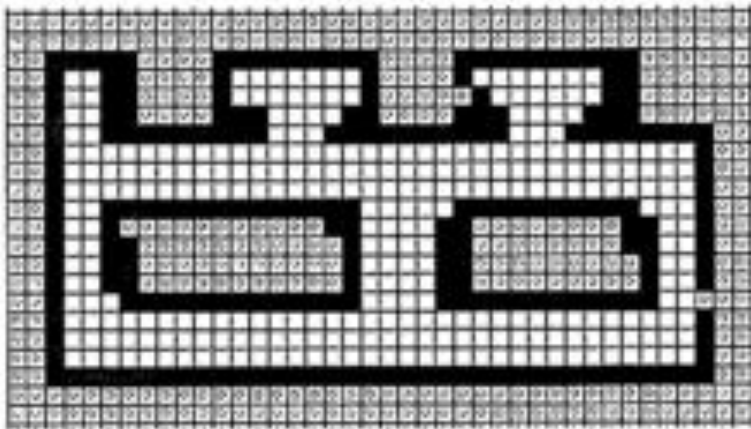
Mapa Métrico usado para:

- Representar a posição dos obstáculos



Geração de Mapas

► Estados das células da grelha

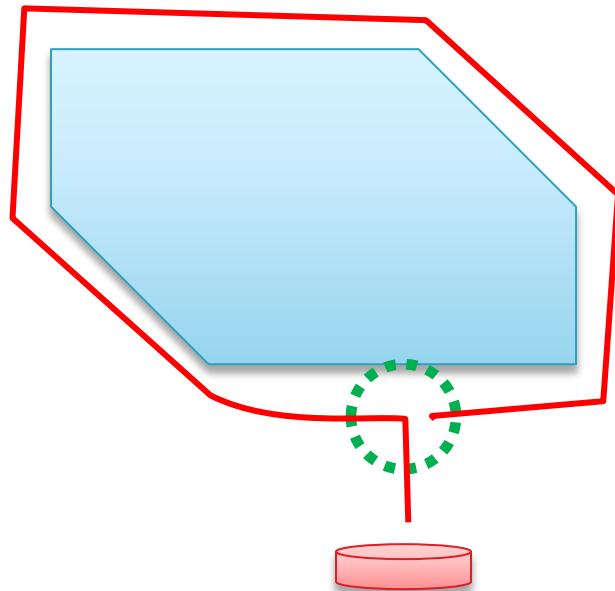


Grid cell states

- Unknown ○
- Preliminary free □
- Free □
- Preliminary obstacle ■
- Obstacle ■

Geração de Mapas

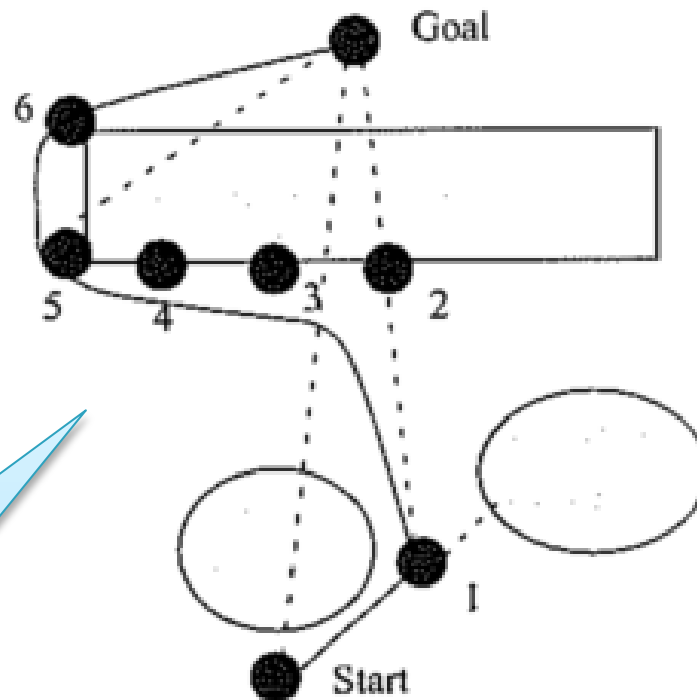
▶ Algoritmo de seguimento de fronteiras



A cada alteração da direcção é definido um novo segmento de recta para o mapa métrico.

Geração de Mapas

► Navegação até zonas inexploradas



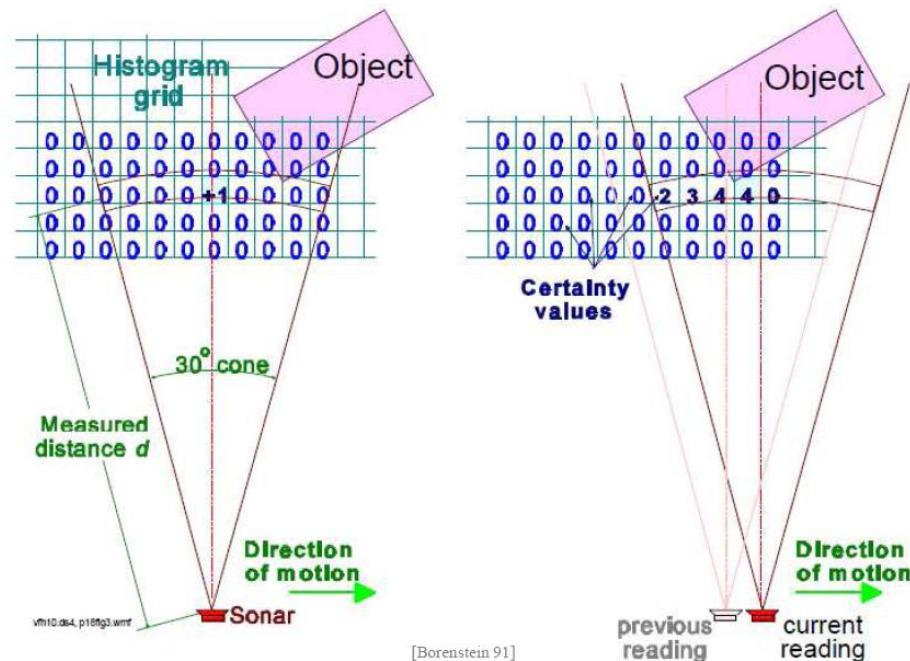
Algoritmo BUG:

1. Avançar em direcção ao objectivo.
2. Rodear o obstáculo até poder avançar novamente em direcção ao objectivo.
3. Repetir até atingir o objectivo.



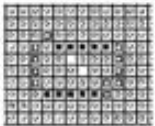
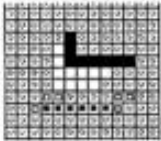

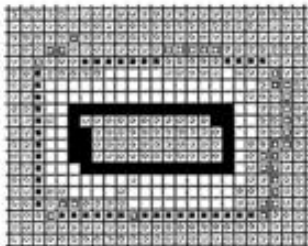

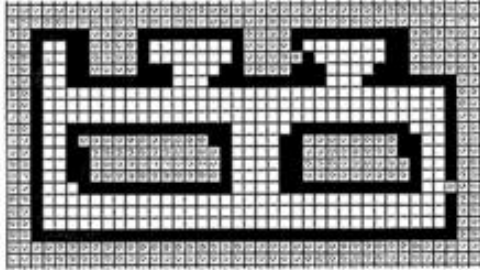
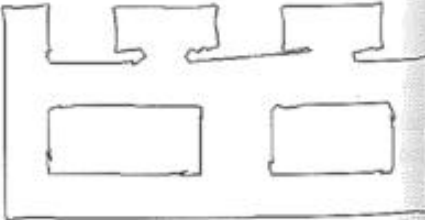
Construção de Mapas

- ▶ Modelação dos sensores
 - ▶ Ao actualizar a grelha tem-se em conta o cone do SONAR e as células correspondentes ao centro do cone recebem um valor superior correspondente à certeza de se tratar de um obstáculo.



Geração de Mapas

► Execução do algoritmo

	Occupancy grid	Configuration space
A		<i>empty</i>
B		
C		
D		

Geração de Mapas

- ▶ Resultados experimentais (robô com sonares)

