

**UF M G**  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE MINAS GERAIS

## Introdução à Robótica

### Robótica Móvel – Mapeamento

Prof. Douglas G. Macharet  
douglas.macharet@dcc.ufmg.br

**DCC**  
DEPARTAMENTO DE  
CIÉNCIA DA COMPUTAÇÃO

**VER** **rob**

## Introdução

Introdução à Robótica - Mapeamento

2

## Introdução

- Mapa
  - Representação do ambiente
  - Construído utilizando-se diferentes sensores
    - Diferentes tipos de informação
- Por que utilizar/construir um mapa?
  - Desvio de obstáculos
  - Tomada de decisões

**DCC M**

Introdução à Robótica - Mapeamento

3

## Introdução

- Possuir apenas informações essenciais
  - Quanto mais compacto mais eficiente
  - O tipo de informação irá depender da tarefa
- Como representar o ambiente?
  - Quais tipos de representações existem?

**DCC M**

Introdução à Robótica - Mapeamento

4

## Introdução

### Representação

**DCC M**

Introdução à Robótica - Mapeamento

5

## Introdução

### Representação – Tipos

- Contínuo
  - Métrico
- Discreto (decomposição)
  - Métrico
  - Topológico

**DCC M**

Introdução à Robótica - Mapeamento

6

## Introdução

### Representação

- Características importantes

- A precisão deve ser apropriada para a tarefa
- Complexidade x Custo computacional

- Mapeamento

- Tarefa de criar uma representação do mundo a partir das informações coletadas pelo sensor

## Introdução

### Mapeamento

- Dados direto do sensor (*raw data*)

- Grande volume de dados, pouca distinção
- Ex: O ponto no espaço medido pelo sensor

- Características de baixo-nível

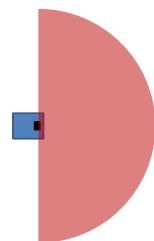
- Médio volume de dados, deve ser extraída
- Ex: Retas e outras formas geométricas

- Características de alto-nível

- Pouco volume de dados, perda de informação
- Ex: Carro, porta, placa, marco, ...

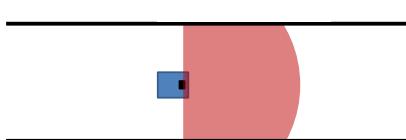
## Introdução

### Mapeamento (Laser)



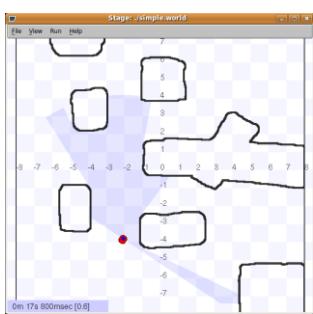
## Introdução

### Mapeamento (Laser)



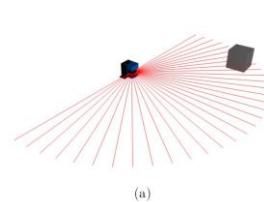
## Introdução

### Mapeamento (Laser)



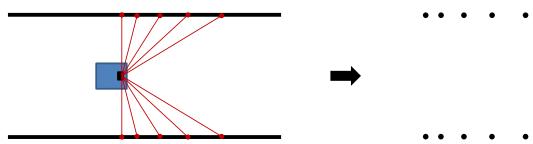
## Introdução

### Mapeamento (Laser)



## Introdução

### Mapeamento (Laser)



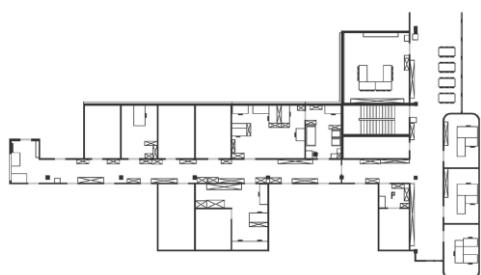
## Mapa métrico

### Contínuo

- Representação “exata” do ambiente
  - Representa todos os detalhes (alta precisão)
- Grande volume de dados
  - Será que precisamos de toda essa informação?
  - Extrair certas características
    - Paredes → Segmentos de retas

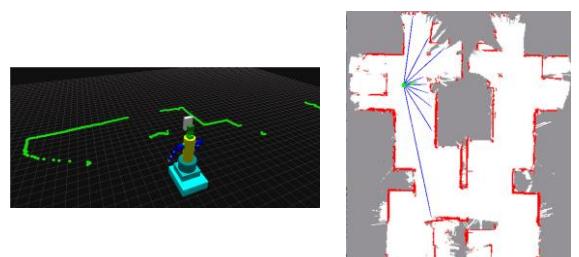
## Mapa métrico

### Contínuo



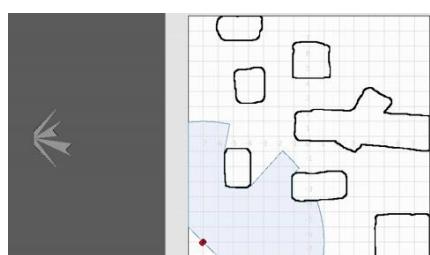
## Mapa métrico

### Contínuo



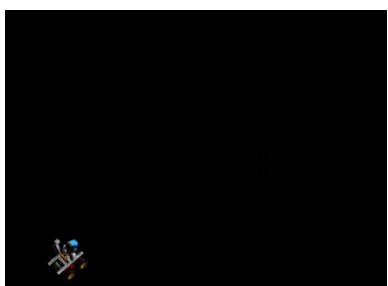
## Mapa métrico

### Contínuo



## Mapa métrico

### Contínuo



## Mapa métrico

Contínuo

Autonomous Aerial Navigation  
in Confined Indoor Environments

Shaojie Shen, Nathan Michael, Vijay Kumar



Introdução à Robótica - Mapeamento

19

## Mapa métrico

Contínuo

•

Introdução à Robótica - Mapeamento

20

## Mapa métrico

Decomposição em células

- Representação em forma de grid
  - Tamanhos fixos (iguais)
  - Tamanhos variáveis
- Vantagem
  - Mais fácil/eficiente de manipular
- Desvantagem
  - Perda de informação

DCC 111

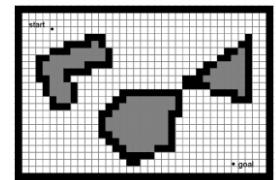
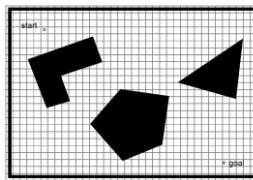
Introdução à Robótica - Mapeamento

21

## Mapa métrico

Decomposição em células

- Células de tamanho fixo
  - Passagens estreitas desaparecem



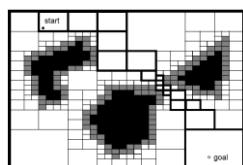
Introdução à Robótica - Mapeamento

22

## Mapa métrico

Decomposição em células

- Células de tamanho variável
  - Quadtree / Octree
  - Aumentam a complexidade de implementação



DCC 111

Introdução à Robótica - Mapeamento

23

## Mapa métrico

Decomposição em células



DCC 111

Introdução à Robótica - Mapeamento

24

## Mapa métrico

Decomposição em células

### ■ Problemas

- Sensores possuem ruído, e um pequeno erro na leitura pode marcar uma célula como ocupada
- Valor binário de ocupação

### ■ Como tratar esses problemas?

- Incerteza → Probabilidade
- Mapa probabilístico

## Mapa métrico

Grade de ocupação

### ■ Introduzido por [Moravec e Elfes, 1985]

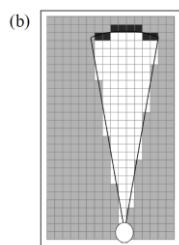
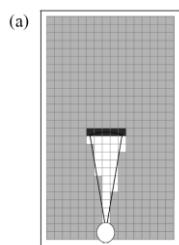
- Representa o ambiente por um grid
- Cada célula agora possui associada uma probabilidade de estar ocupada ou não
- Probabilidades nas células são independentes

■ Muito utilizado com sensores de *range*

- Laser, sonar, Kinect, ...

## Mapa métrico

Grade de ocupação



## Mapa métrico

Grade de ocupação

### ■ Vantagens

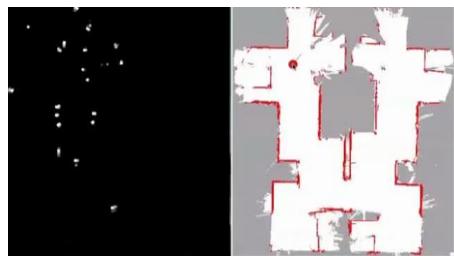
- Melhor tratamento da incerteza dos sensores
- Permite utilizar diferentes tipos de sensores

### ■ Desvantagens

- Como definir o tamanho das células?
- Assume que a pose do robô é conhecida

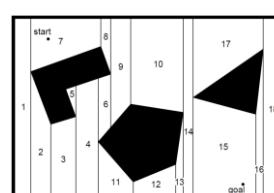
## Mapa métrico

Grade de ocupação

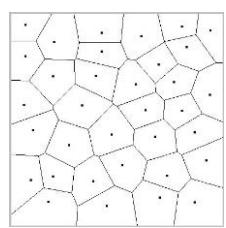


## Mapa métrico

Outras decomposições



Células

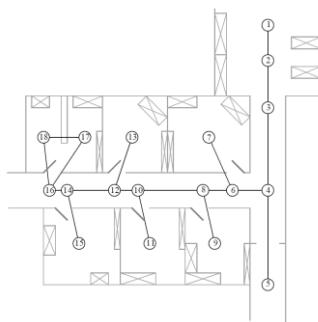


Voronoi

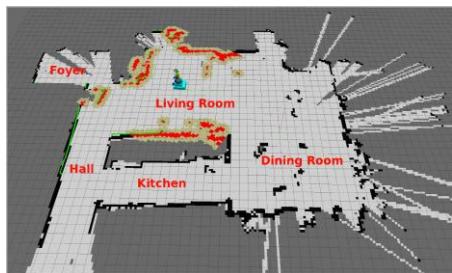
## Mapa topológico

- Representa o mundo como um grafo
  - Vértices: Correspondem a locais “importantes”
  - Arestas: Conexão física entre os locais
- Navegação
  - Capaz de localizar-se nos nós
  - Saber transitar entre os nós

## Mapa topológico

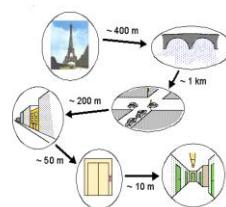


## Mapa topológico

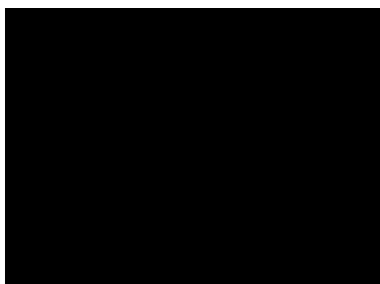


## Mapa topológico

- Abordagem híbrida
  - Decomposição topológica + Métrico



## Mapa topológico



## Mapa topológico

### Problemas

- Útil em planejamentos de alto nível
  - Melhor rota (Dijkstra)
  - Não possui informação de obstáculos
- Geralmente é feito por um humano
  - Como definir o que será útil para o robô?

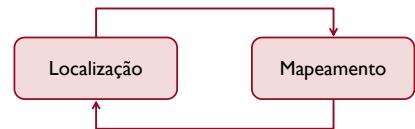
## Mapeamento

### Problemas

- Mundo real é dinâmico
  - Objetos são trocados de lugar
  - Pessoas transitam pelo ambiente
- Percepção também é um desafio
  - Sensores são ruidosos
  - Extração de informação útil é difícil
  - Oclusões

## Mapeamento

### Problemas



- Por que o robô não faz os dois?
  - SLAM: *Simultaneous Localization and Mapping*

## SLAM

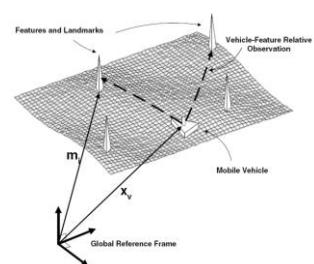
### *Simultaneous Localization and Mapping*

- Criar o mapa e se localizar simultaneamente
  - Utilizando conceitos de probabilidade
- Considerado fundamental para autonomia
  - Problema muito difícil!



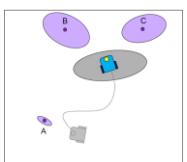
## SLAM

### *Simultaneous Localization and Mapping*



## SLAM

### *Simultaneous Localization and Mapping*



## SLAM

### *Simultaneous Localization and Mapping*

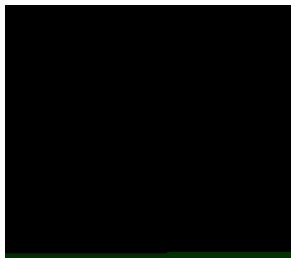
#### SLAM simulation

SLAM simulation by Sjoerd de Jong under supervision of Gert Kootstra. The Kalman functionality is partly based on the EKF SLAM simulation of Tim Bailey. [www-personal.acfr.usyd.edu.au/tbailey](http://www-personal.acfr.usyd.edu.au/tbailey)

Department of Artificial Intelligence  
University of Groningen

## SLAM

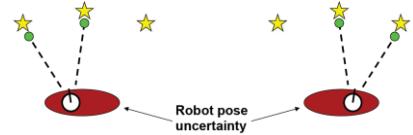
*Simultaneous Localization and Mapping*



## SLAM

*Simultaneous Localization and Mapping – Problemas*

- Alto custo computacional
  - Grande quantidade de dados
- Identificação/correspondência de marcos



## Considerações finais

- Principais problemas na robótica
  - Localização
  - Mapeamento
- Fundamental para todas as outras tarefas
- Diferentes técnicas podem ser utilizadas
  - Probabilísticas