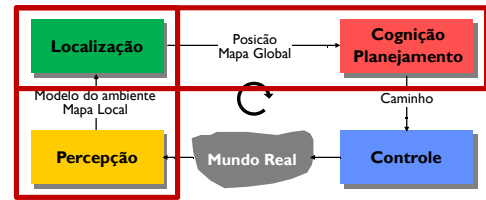


## Introdução à Robótica Robótica Móvel – Mapeamento

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

## Introdução



## 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

## 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?

## Introdução Representação



## Introdução Representação – Tipos

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

## 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

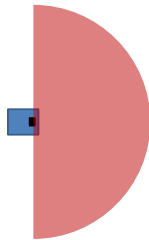
## Introdução

### 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, ...

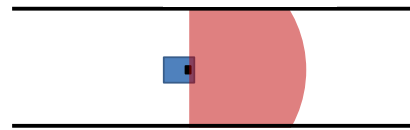
## Introdução

### Mapeamento (Laser)



## Introdução

### Mapeamento (Laser)



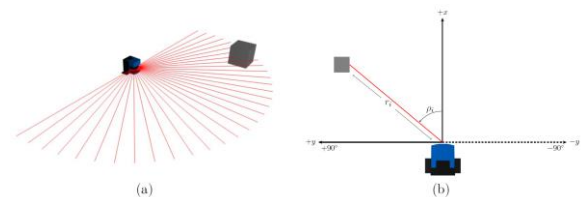
## Introdução

### Mapeamento (Laser)



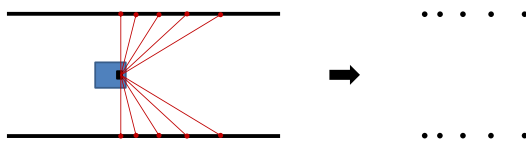
## Introdução

### Mapeamento (Laser)



## Introdução

### Mapeamento (Laser)



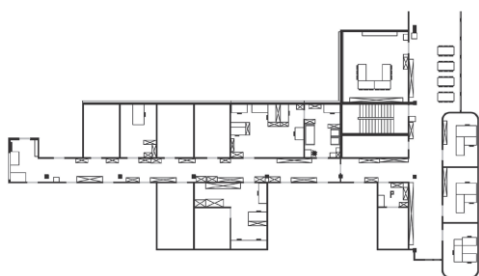
## Mapa métrico

### 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

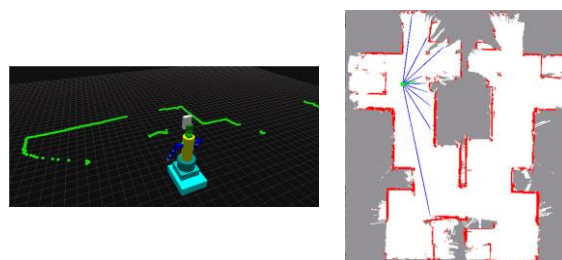
## Mapa métrico

### Contínuo



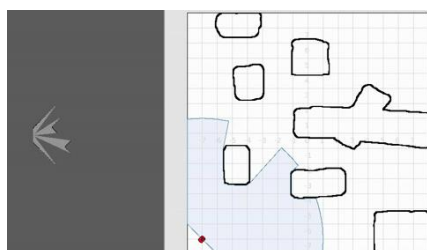
## Mapa métrico

### Contínuo



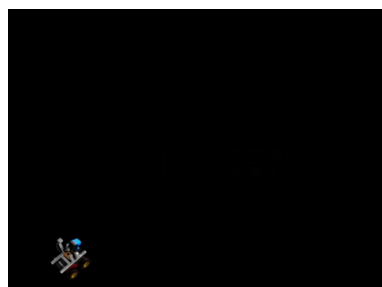
## Mapa métrico

### Contínuo



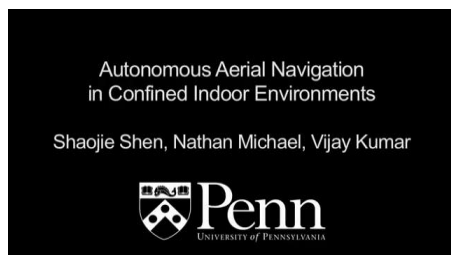
## Mapa métrico

### Contínuo



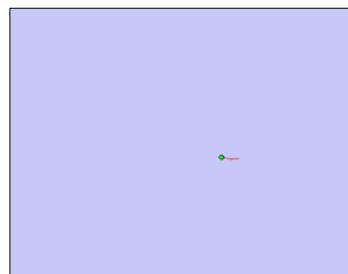
## Mapa métrico

Contínuo



## Mapa métrico

Contínuo



## Mapa métrico

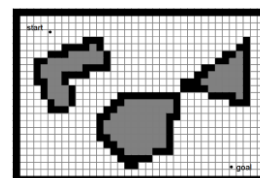
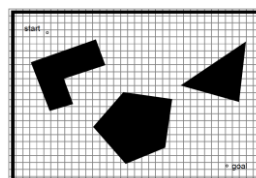
Decomposição em células

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

## Mapa métrico

Decomposição em células

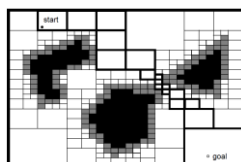
- Células de tamanho fixo
  - Passagens estreitas desaparecem



## Mapa métrico

Decomposição em células

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



## Mapa métrico

Decomposição em células



## 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

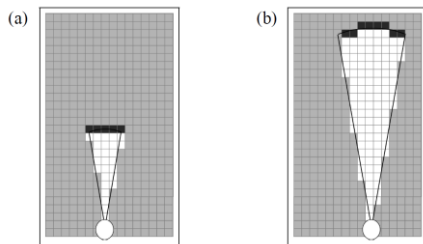
## Mapa métrico

### 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

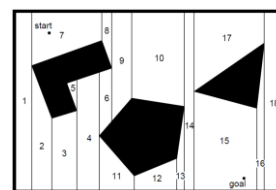
## Mapa métrico

### Grade de ocupação

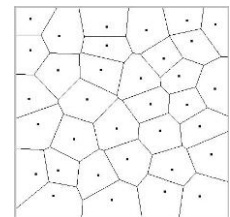


## Mapa métrico

### Outras decomposições



Células

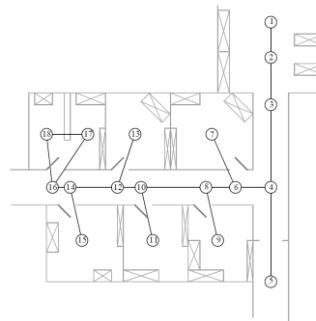


Voronoi

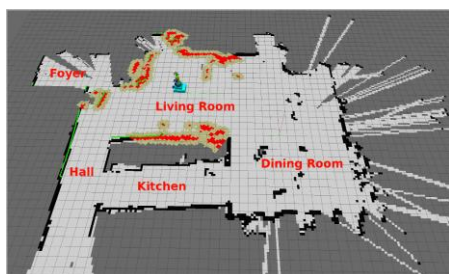
## Mapa topológico

- 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

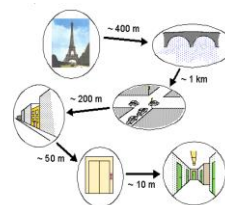


## Mapa topológico

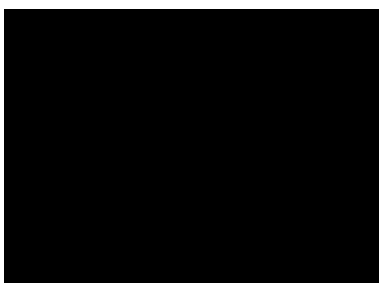


## Mapa topológico

- 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?

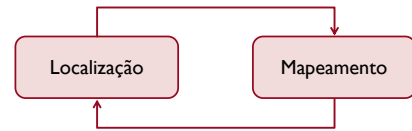
## Mapeamento

### 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

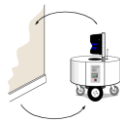


- Por que o robô não faz os dois?
  - SLAM: *Simultaneous Localization and Mapping*

## SLAM

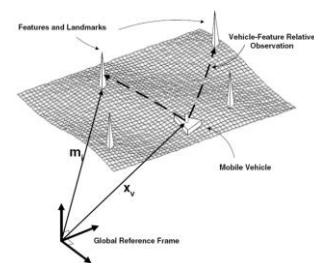
### *Simultaneous Localization and Mapping*

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



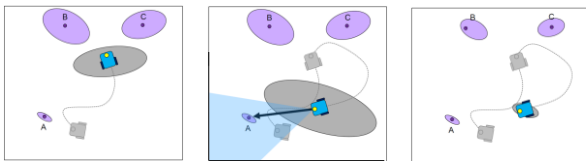
## SLAM

### *Simultaneous Localization and Mapping*



## SLAM

### *Simultaneous Localization and Mapping*



## SLAM

### *Simultaneous Localization and Mapping*

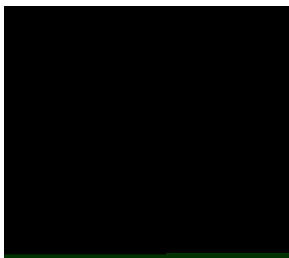
#### SLAM simulation

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.ocf.berkeley.edu/~tbailey](http://www-personal.ocf.berkeley.edu/~tbailey)

Department of Artificial Intelligence  
University of Groningen

## SLAM

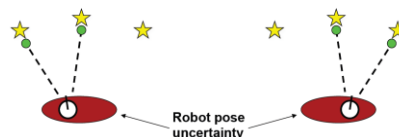
*Simultaneous Localization and Mapping*



## 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