

SISTEMAS ROBÓTICOS AUTÔNOMOS

Pablo Javier Alsina

Problemas da
Navegação Autônoma



Navegação

- Níveis hierárquicos típicos de um Sistema de Navegação de Robô:

| |
|--|
| PERCEPÇÃO |
| DELIBERAÇÃO E TOMADA DE DECISÃO |
| PLANEJAMENTO DE CAMINHO |
| ADEQUAÇÃO DE CAMINHO E GERAÇÃO DE TRAJETÓRIA |
| SISTEMA DE CONTROLE |
| ATUAÇÃO |

Navegação

- **Em um ambiente Desconhecido:**
 - Não se dispõe previamente de uma representação do ambiente.
 - Localização: onde estou?
 - Mapeamento: o que há por aqui? Como representar?
 - Exploração: como construir um mapa garantindo cobertura.
 - Localização e Mapeamento Simultâneos (SLAM): o que veio primeiro, o ovo ou a galinha?

Navegação

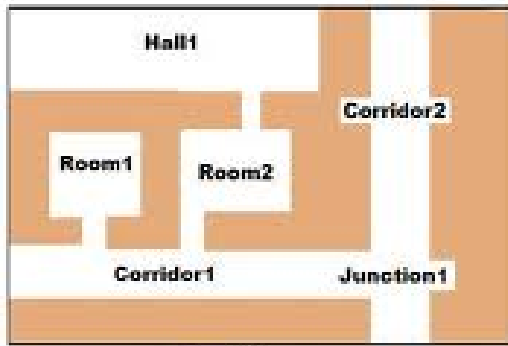
- **Em um ambiente Conhecido:**
- Dispõe-se previamente de uma representação do ambiente (por exemplo, um mapa).
- Localização: onde estou?
- Busca: aonde vou? O problema de cobertura.
- Planejamento de caminhos, geração de trajetória: como chego lá?
- Movimentação: como vou daqui para ali?

Percepção

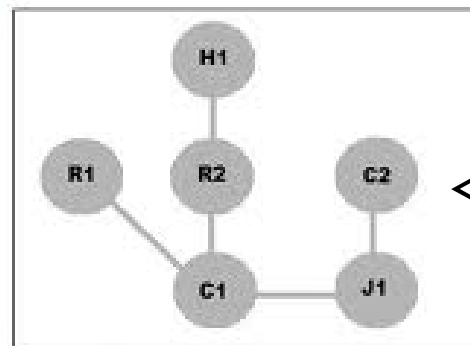
- Medições obtidas a partir de Sensores embarcados permitem obter informações do ambiente e do próprio estado do robô, para fins de mapeamento, localização, navegação e manipulação.
- Medições sensoriais incorporam incertezas e ruídos inerentes.
- **Sensores Proprioceptivos:** capturam informações relativas ao próprio robô.
- **Sensores Exteroceptivos:** capturam informações relativas ao ambiente.

Mapeamento

- **Mapa**: representação do ambiente no qual o robô atua.
 - **Mapa Métrico**: representa as dimensões físicas dos objetos presentes no ambiente
 - **Mapa Topológico**: representa as relações de conectividade das regiões navegáveis do ambiente.
 - **Mapa Híbrido Métrico/Topológico**: incorpora informações métricas e de conectividade do ambiente.



Actual Map



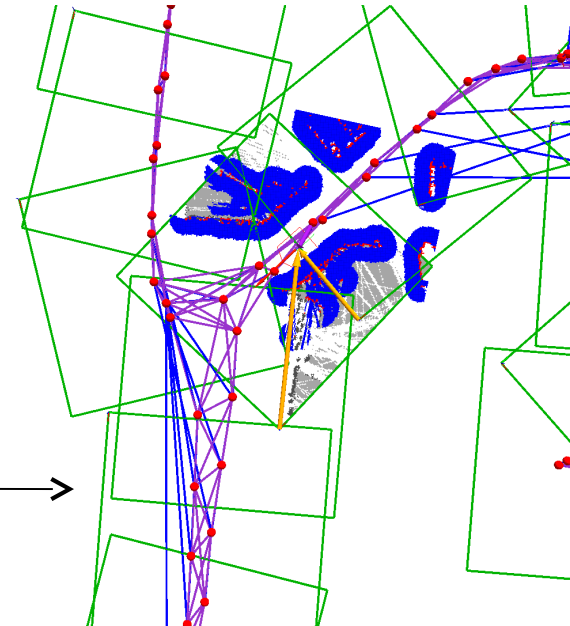
Topological Map Created

← Topológico



← Métrico

Híbrido →



Localização

- Onde estou?
- A Localização do robô no ambiente pode ser feita a partir de medições sensoriais.
 - Localização Relativa.
 - Localização Absoluta.

Localização

- **Localização Relativa (Dead Reckoning):**
- Assume-se uma localização inicial conhecida.
- Mede-se deslocamentos incrementais (*encoders*, unidades de medida inercial).
- Os deslocamentos incrementais são integrados no tempo, determinando a localização em relação à localização inicial.
- Erros de medição se acumulam.

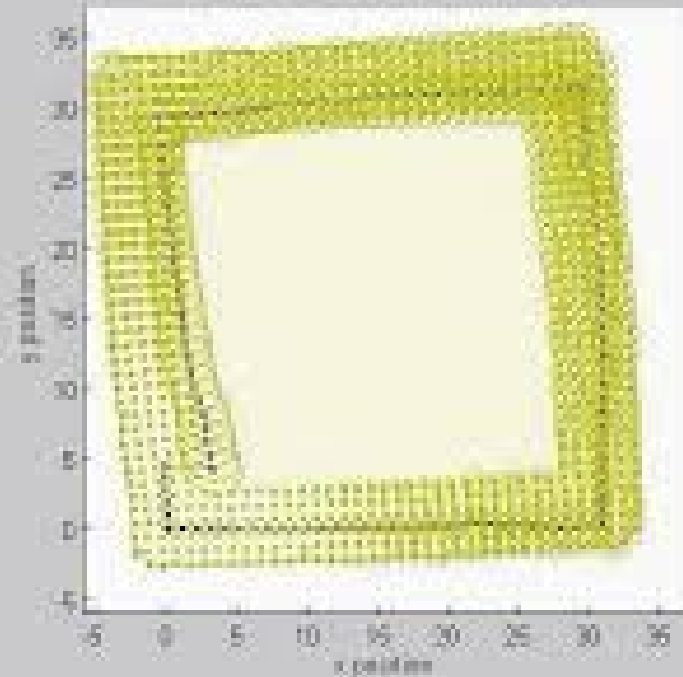
Localização

- **Localização Absoluta:**
- A cada instante mede-se a localização em relação a um referencial global.
- Erros de medição não se acumulam.
 - Localização por balizas ativas.
 - Localização baseada em marcos.
 - Localização baseada em mapa.

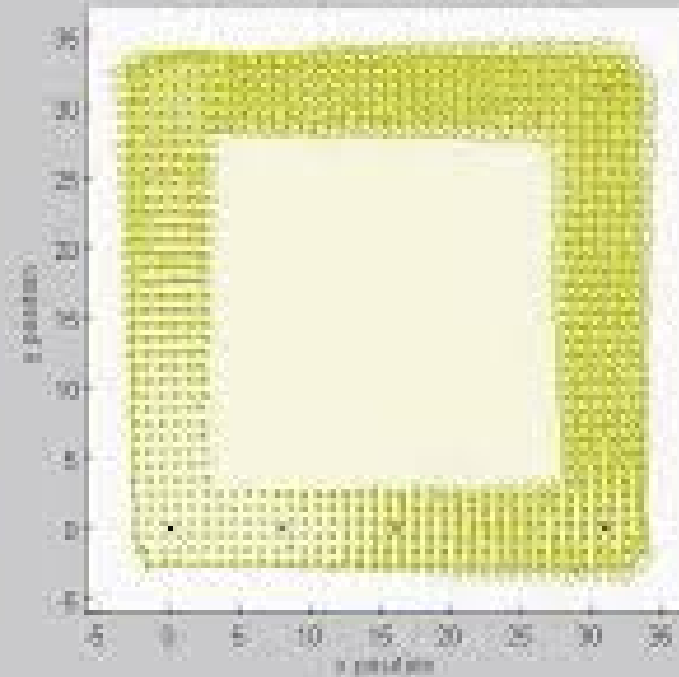
Localização e Mapeamento Simultâneos (SLAM)

- Em ambiente desconhecido, o robô deve construir o mapa e se localizar em relação a ele, simultaneamente.
- Problema: se a localização é imprecisa, o mapa é impreciso.
- Solução: SLAM – Se suficientes novas informações sensoriais forem incorporadas enquanto o robô navega, superando as perdas de informação devido ao aumento das incertezas, tanto a localização do robô como o mapa vão se tornando mais precisos.

EXP Number of Maps: 7, features: 740



ENC Number of Maps: 7, features: 740



Planejamento de Caminhos

<https://youtu.be/UTbiAu8IXas>

Planejamento de Caminhos

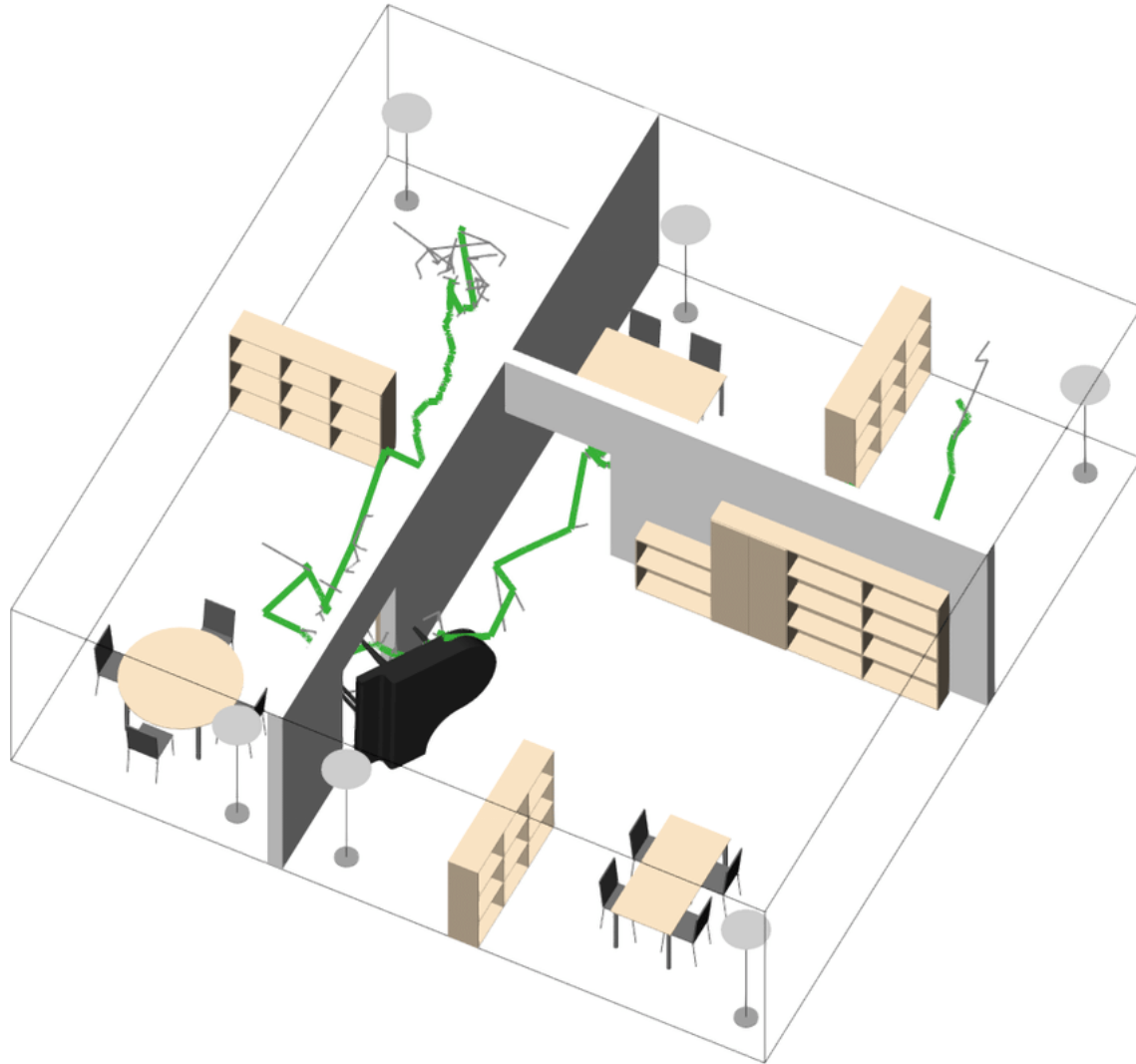
- **O Problema do Carregador de Piano:**

- Como levar um piano no interior de um edifício, através de corredores povoados de obstáculos, até a sua localização final dentro do prédio?



<https://youtu.be/cXm3WW-geD8>

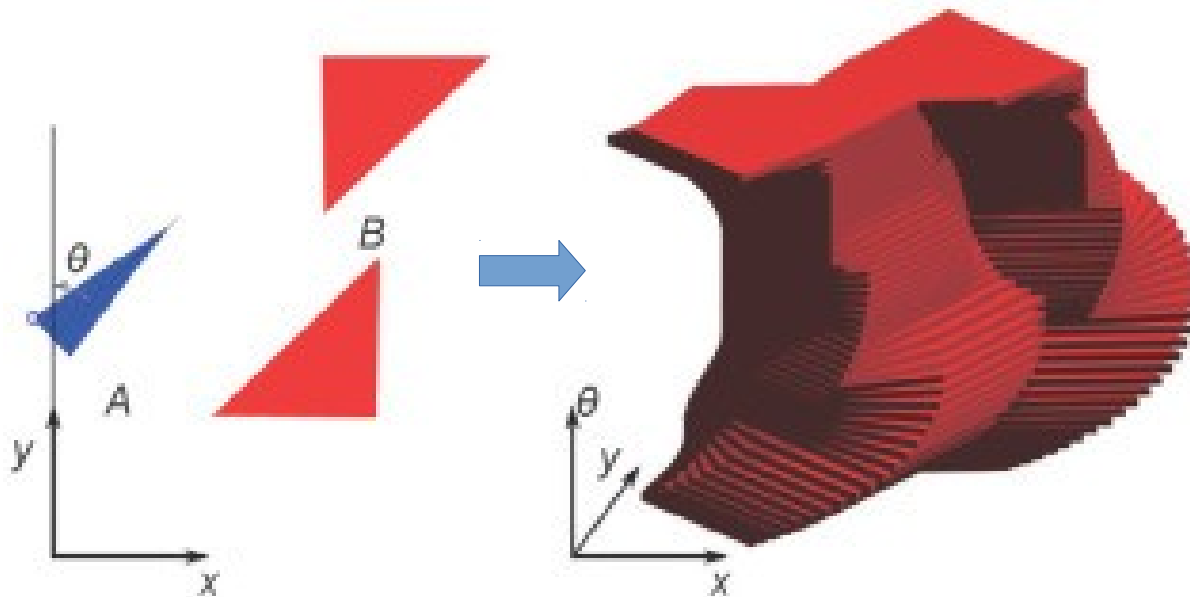
Planejamento de Caminhos



Planejamento de Caminhos

- Solução:
- Movimento de um robô A no Espaço de Trabalho W povoado de obstáculos B_i 's. \Rightarrow
- Movimento de um ponto no Espaço de Configuração C povoado de C-obstáculos CB_i 's.

Planejamento de Caminhos

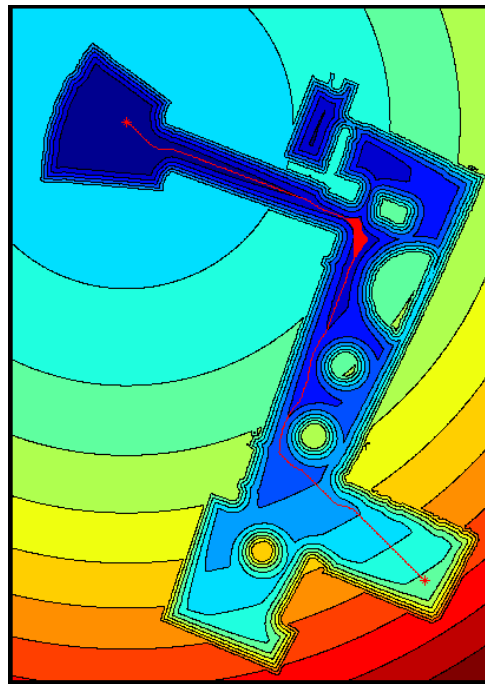
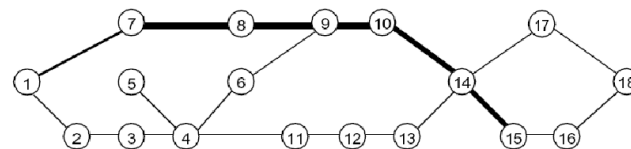
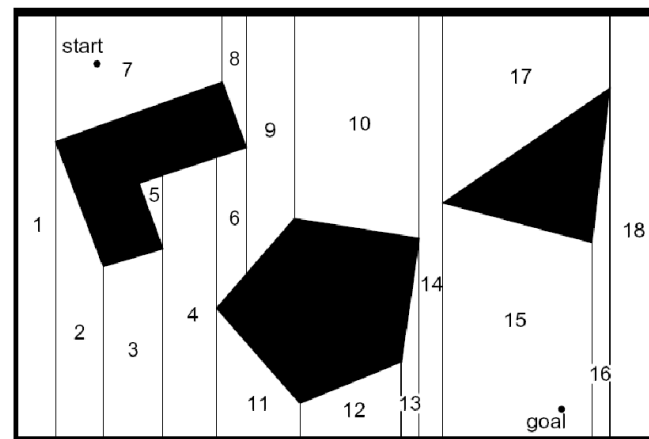
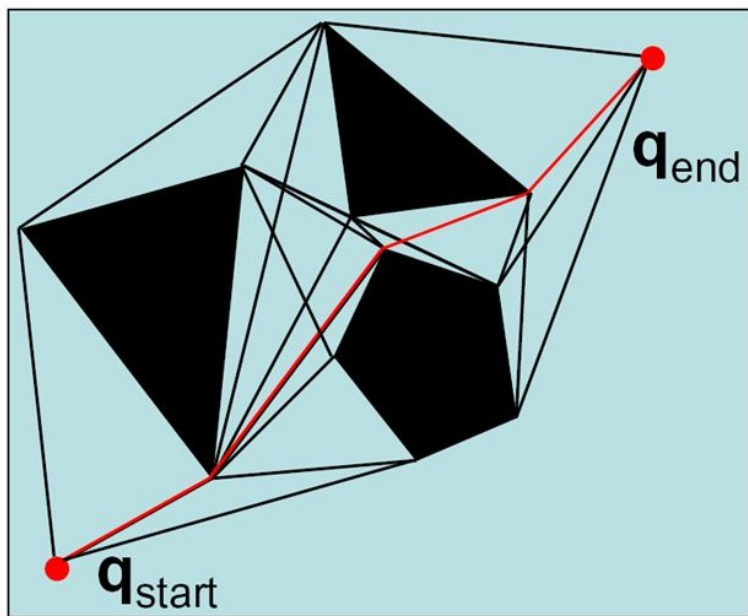


Métodos de Planejamento

- **Métodos Determinísticos (1980's):** baseados na construção de estruturas no espaço de configuração **C** que capturam completamente as informações para efetuar o planejamento.
- **Métodos Probabilísticos (1990's):** usam algoritmos de detecção de colisão para explorar o espaço de configuração **C** e buscar incrementalmente uma solução, ao invés de caracterizar completamente a estrutura do espaço livre.

Métodos Combinacionais

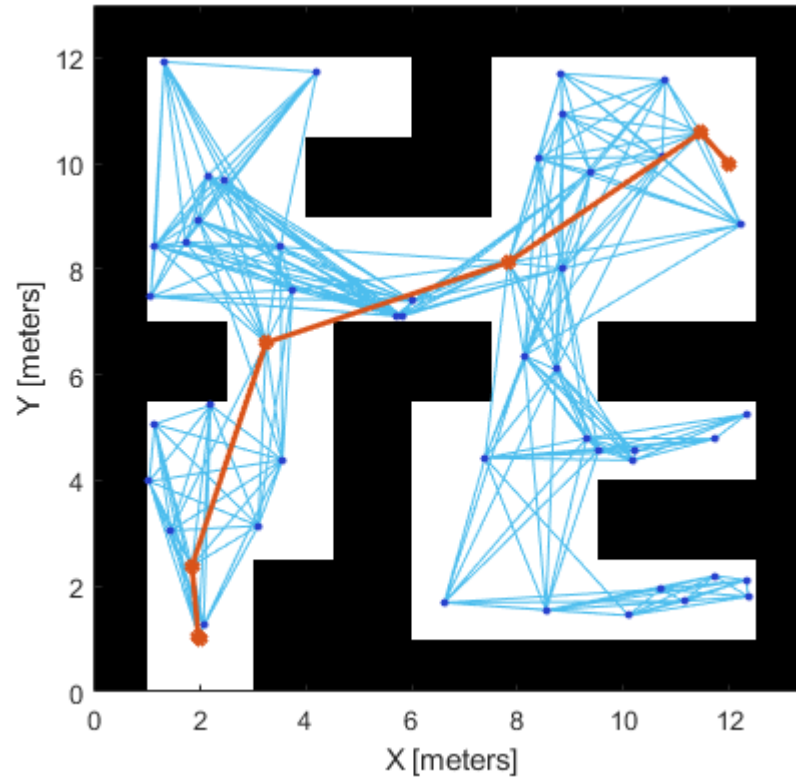
- **Mapa de Rotas.**
- **Decomposição em Células Convexas.**
- **Campos de Potencial.**



Métodos Probabilísticos

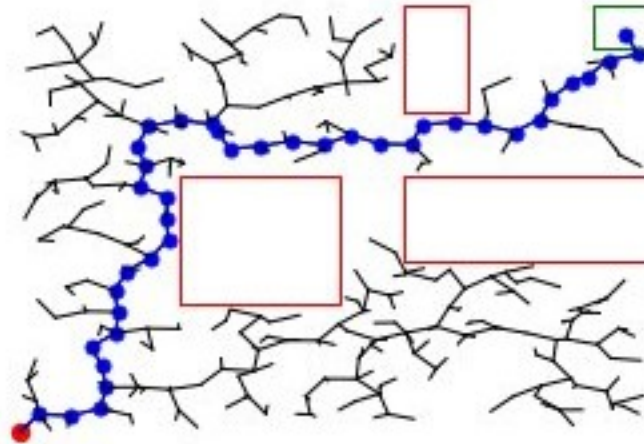
- **Mapa de Rotas Probabilístico.**
- **Rapidly Exploring Random Tree.**

Mapa de Rotas Probabilístico



<https://youtu.be/uhnP0-iozqM>

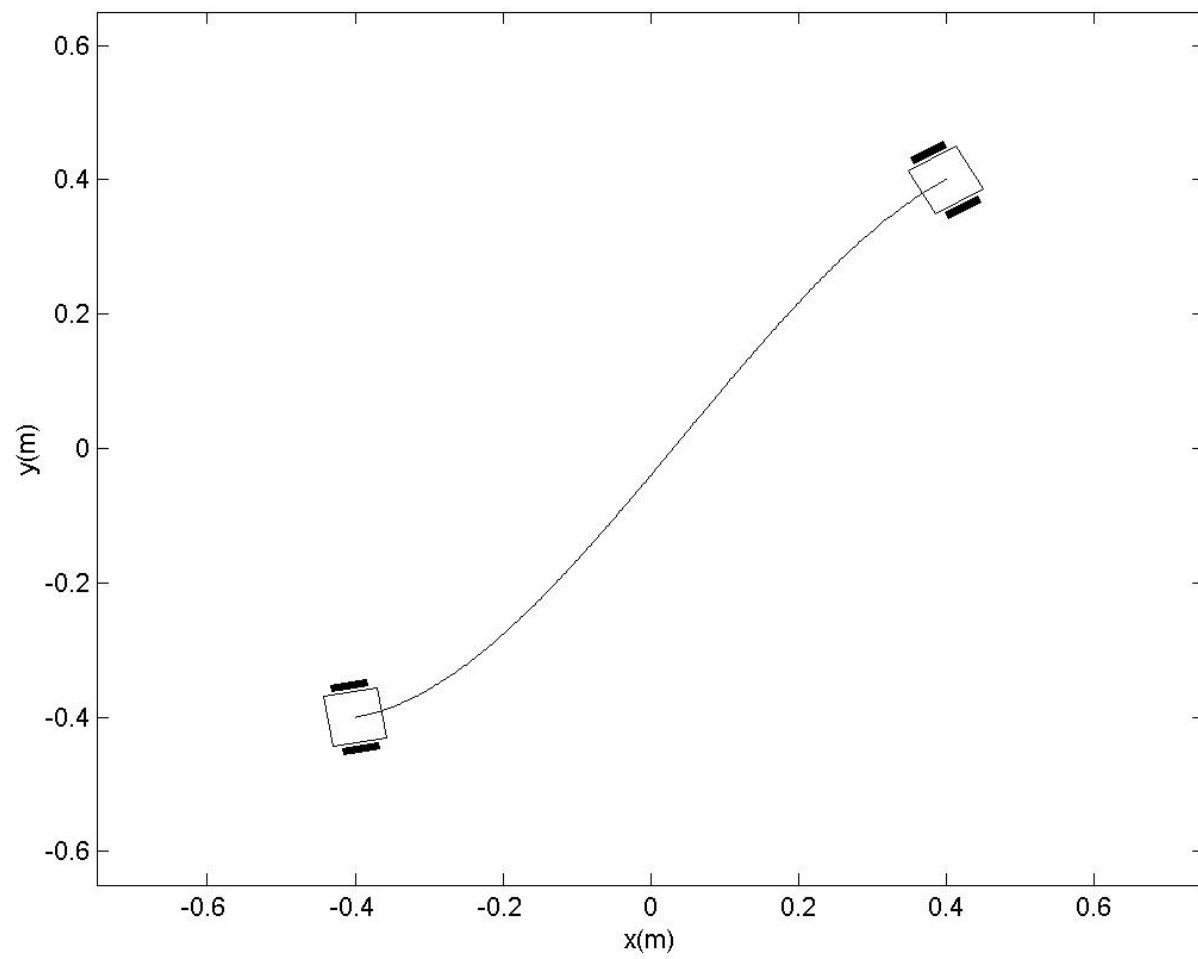
Rapidly Exploring Random Tree



<https://youtu.be/rPgZyq15Z-Q>

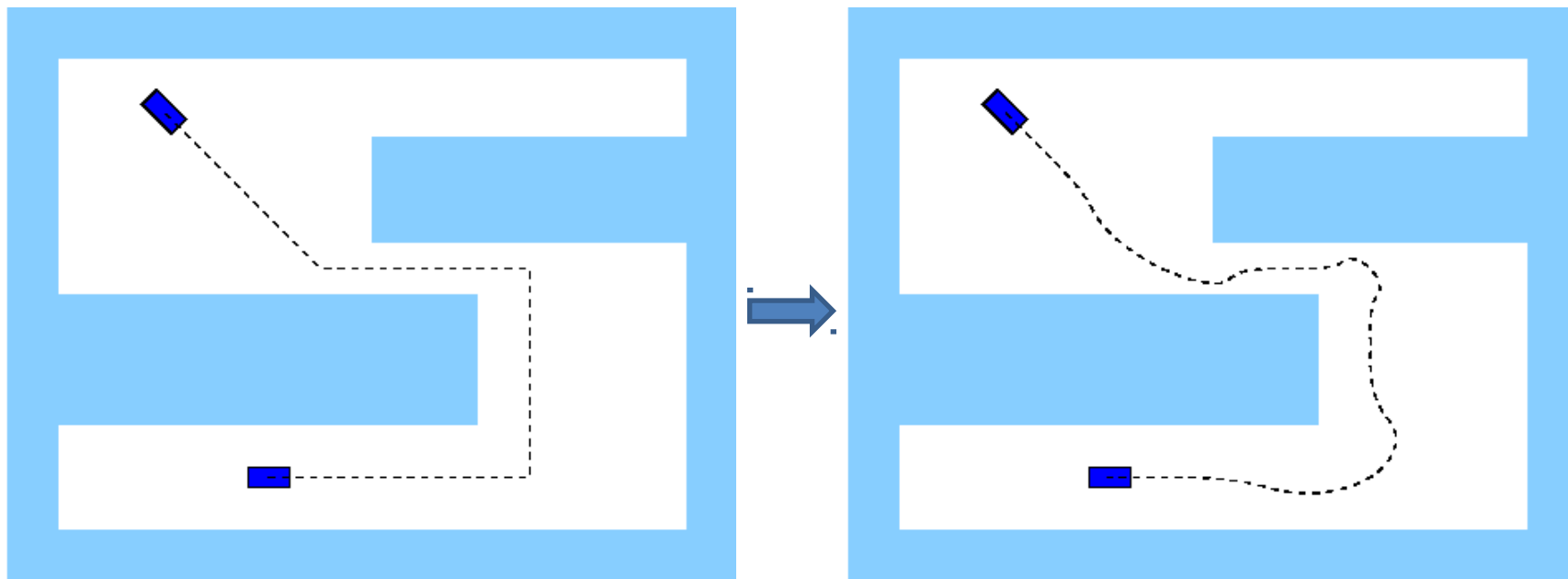
Controle de Trajetória

- **Geração de Caminho e Trajetória:**
- Geração de curva suave no espaço livre entre ponto inicial e final.
- Associação de restrições temporais (exemplo: velocidades máximas, tempo de percurso, etc.) e restrições dinâmicas (exemplo: forças de atrito, acelerações máximas, etc.) ao caminho gerado.



Controle de Trajetória

- **Adequação de um Caminho:**
- Transformação do caminho planejado (curva geométrica), através de pequenas deformações, em um novo caminho (nova curva) que satisfaz as restrições cinemáticas do robô (exemplo: raio de giro mínimo, restrições não holonômicas, etc.).

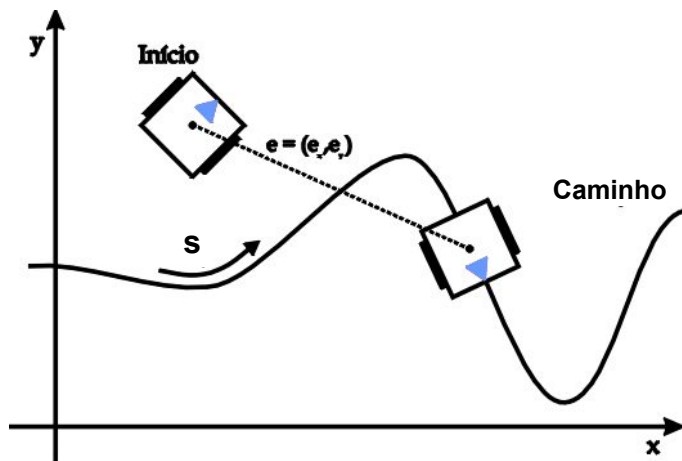


Controle de Movimento

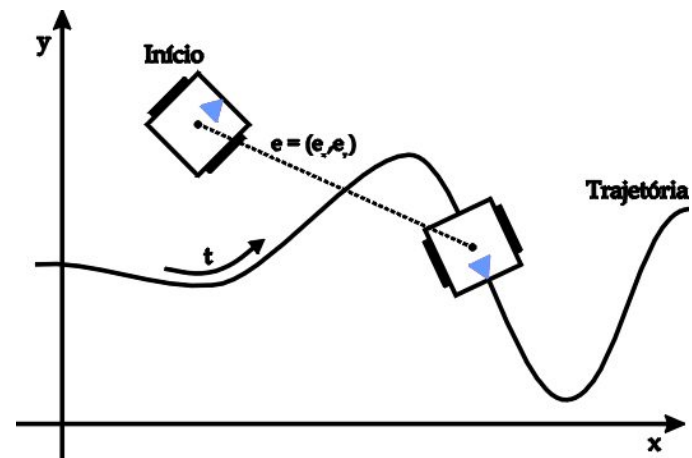
- Execução de controle de movimento:
- Aplicação de leis de controle cinemático e dinâmico para que o robô execute a movimentação especificada.
- Leis de controle podem requerer o conhecimento do modelo cinemático e dinâmico do robô.
- Restrições cinemáticas e dinâmicas devem ser levadas em conta (restrições não holonômicas, raio de giro mínimo, velocidades máximas, etc.).

Controladores

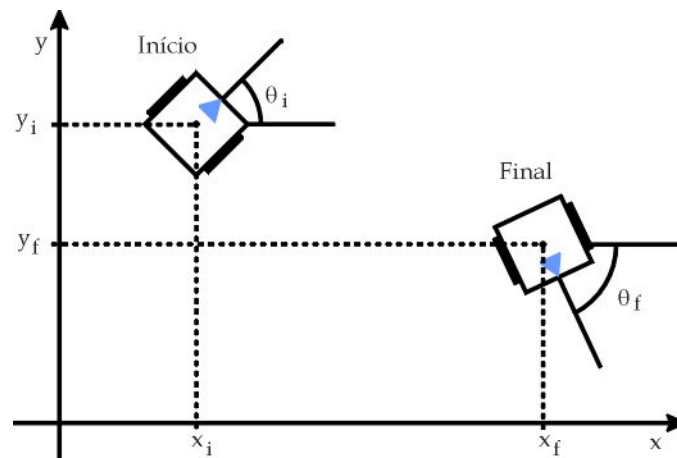
- Seguidores de Caminho – projetados para seguir um caminho.
- Seguidores de Trajetória – projetados para seguir uma trajetória contínua.
- Estabilizadores - Projetados para atingir uma configuração final.



Seguidor de Caminho.



Seguidor de Trajetória.



Controlador Estabilizante.

SISTEMAS ROBÓTICOS AUTÔNOMOS

Pablo Javier Alsina

Problemas da
Navegação Autônoma

