

## ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE MAPEAMENTO AUTOMÁTICO USANDO ROBÔS MÓVEIS

*Diego Porto Rocha (Bolsista do ICV/UFPI), Dr. André Macêdo Santana (Orientador, DIE/CCN/UFPI)*

### Introdução

O processo de navegação de robôs é comumente dividido em sub-problemas que podem ser abstraídos em cinco níveis hierarquizados de autonomia: Mapeamento do Ambiente, Localização, Planejamento de Caminho, Geração de Trajetória e Execução de Trajetória; quando as duas primeiras etapas do processo de navegação devem ser realizadas de forma simultânea geram o problema de SLAM [SANTANA, 2007]. O estudo de técnicas associadas ao mapeamento automático de ambientes utilizando robôs móveis é o objetivo deste trabalho.

No nível de Mapeamento do Ambiente, o robô coleta informações, utilizando sensores, visando à geração de modelos computacionais com as principais características estruturais do ambiente. Em outras palavras, é necessário que os robôs sejam equipados com dispositivos de percepção capazes fornecer algum tipo de informação de seu entorno, de modo que, a partir de algum processamento, essas informações sejam usadas para construir um *mapa* do ambiente [SANTANA, 2007].

Thrun [THRUN, 2005] propõe uma classificação para as pesquisas em mapeamento robótico, segundo duas abordagens principais: a abordagem métrica e a topológica. A diferença básica entre essas abordagens é que, enquanto os mapas métricos armazenam propriedades geométricas do ambiente, os mapas topológicos descrevem a conectividade entre diferentes lugares.

As representações métricas ou mapas métricos reproduzem, com um determinado grau de fidelidade, a geometria do ambiente no qual o robô está inserido. Objetos como paredes, obstáculos e passagens são facilmente identificados nesta abordagem, já que o mapa mantém uma boa relação topográfica com o mundo real. Os mapas métricos são representados por grades de ocupação e pelos mapas de características. Na representação em Grade de Ocupação, os espaços contínuos do ambiente são discretizados, de maneira que o ambiente passa a ser representado sob a configuração de uma grade ou matriz multidimensional (2D ou 3D). Cada elemento da matriz, também chamado de célula, representa um local do ambiente que pode estar, de acordo com uma formulação probabilística, ocupado, vazio ou pode ainda não ter sido explorado.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é apresentar uma solução de mapeamento automático de ambientes utilizando a representação em grade de ocupação probabilística.

### Metodologia

Este trabalho foi dividido em seis etapas. Na primeira etapa, foi feito um estudo/pesquisa sobre o problema de mapeamento automático de ambientes com o intuito de verificar os principais conceitos relacionados ao tema. Na segunda etapa, foi realizado um estudo/pesquisa das principais formas de representação do ambiente bem como as técnicas clássicas empregadas neste problema. Da gama de representações optou-se por trabalhar com Grade e Ocupação Probabilística. Na terceira etapa, iniciou-se o processo de implementação da grade de ocupação na versão determinística.

Na quarta etapa, foi implementado a estratégia de mapeamento em grade de ocupação probabilística. Na quinta etapa, foram realizados experimentos e, por fim, na sexta etapa foi elaborado o relatório final contemplando o detalhamento das experimentações, os resultados, e as discussões.

### Resultados e Discussões

Inicialmente foi feita uma experimentação em um ambiente menor (Laboratório RAPOOZA – Robótica Aplicada, Pesquisa Operacional e Otimização de Sistemas) para analisar a qualidade da solução implementada. O mapa construído neste experimento é apresentado na Figura 1. Ainda nesta Figura é possível verificar a influência da discretização do ambiente, ou seja, o tamanho considerado para cada célula do mapa. Na Figura, a área em branco representa os espaços livres, em preto os obstáculos e em cinza a área não explorada.

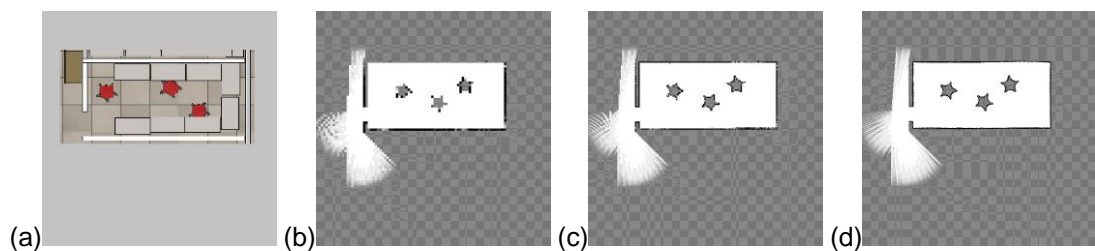


Figura 1.0 – Influência da discretização: a) Mapa original. b) 10 cm. c) 5 cm d) 1 cm.

Analisando os resultados, percebeu-se que a granularidade ótima depende essencialmente das dimensões do ambiente a ser mapeado, do tamanho dos obstáculos, do tamanho do robô e do modelo do sensor. Para os testes de desempenho (Figura 2), foi utilizado um mapa com resolução 1000x1000 unidades de diferentes granularidades (10cm, 5cm, 2.5cm; 1cm; 0.5cm e 0.2cm). Durante o percurso foram realizadas 2420 amostras de leituras com um sensor laser pontual, *lidar*, com resolução de 36 medidas e ângulo de abertura de 180° e, para este ambiente, o fator de granularidade que apresentou melhor custo/desempenho tendo em vista a qualidade do mapa e o tempo de processamento foi em 1 cm, onde se conseguiu em média 27 atualizações do mapa por segundo, que é considerado satisfatório.

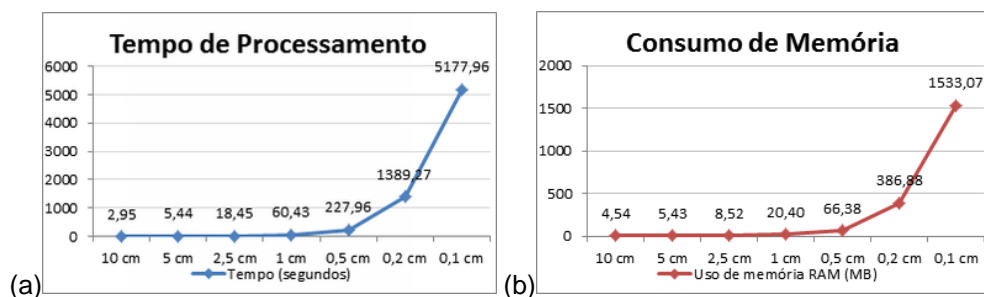


Figura 2: Análise de desempenho: a) tempo de processamento e b) consumo de memória.

Ainda para validar o sistema, foi realizada uma segunda experimentação em um ambiente de 900 m<sup>2</sup>. Durante o percurso 10123 amostras sensoriais foram processadas e, diferente do primeiro experimento a discretização utilizada foi de 4cm, pois apresentou a melhor taxa atualizações/tempo

durante a criação do mapa. A Figura 3 apresenta o resultado do mapeamento. Durante a segunda experimentação verificou-se que o tempo de processamento necessário para a construção do mapa excedia o normalmente considerado para aplicações de tempo real. Utilizou-se, então, uma estratégia de paralelização do algoritmo para redução do tempo. Com a estratégia de paralelização o tempo médio de execução diminuiu de 2813,31 segundos para 973,009 segundos (65% mais rápido).

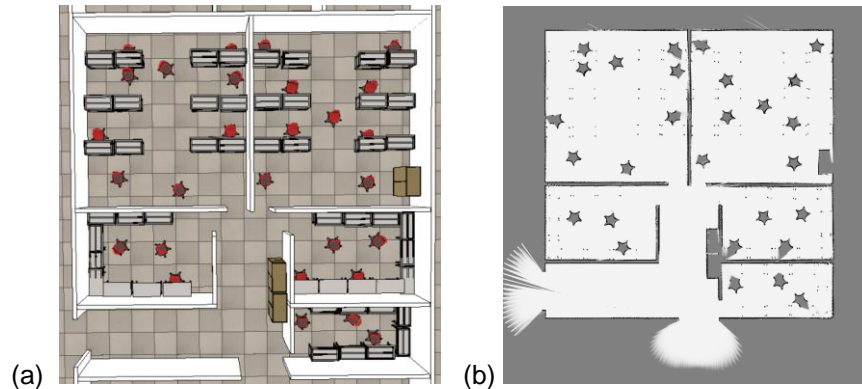


Figura 3 – Resultados obtidos na implementação de mapeamento por grade de ocupação.

(a) Mapa original das dependências do DIE, (b) Mapa gerado a partir do algoritmo de mapeamento por grade de ocupação.

## Conclusão

A principal contribuição deste trabalho é relacionada à utilização de técnicas probabilísticas para o mapeamento automático do ambiente. Além disso, a estratégia de paralelização do código permitiu uma substancial redução no tempo de processamento. Ressalta-se que o uso de técnicas probabilísticas possibilita a obtenção de bons resultados mesmo considerando as imperfeições nas medidas sensoriais. Como trabalhos futuros pretende-se: testar outros tipos de sensores (câmeras por exemplo) além de expandir este trabalho para uma formulação de SLAM.

## Referências

- [1] THRUN, Sebastian; WOLFRAM, Burgard; FOX, Dieter. **Probabilistic robotics**: intelligent robotics and autonomous agents series. Cambridge, MA: MIT Press, 2005.
- [2] SANTANA, André Macêdo. **Localização e Planejamento de Caminhos para um Robô Humanoide e um Robô Escravo com rodas**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Computação. Universidade Federal do Rio Grande do Norte (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

**Palavras-chave:** Robótica. Mapeamento Automático de Ambientes. Robótica móvel. Robótica Autônoma.