

NAVEGAÇÃO AUTÔNOMA POR ROBÔS COM BASE EM MAPEAMENTO E TECNOLOGIA DE APRENDIZADO

Gustavo Molina Figueiredo¹

RESUMO

Nos últimos anos, tem havido grande interesse em pesquisas de automação por meio de sistemas robóticos. O objetivo deste trabalho é explorar a navegação autônoma do robô com base em movimentos, localização e navegação para entender como o robô navega para desenvolver o que foi programado. Robôs autônomos fazem parte de uma classe de robôs que possuem mecanismos que lhes permitem mover-se autonomamente no ambiente. Para que os robôs tenham navegação autônoma, é necessário planejar rotas. O plano inclui restrições baseadas na navegação imposta. Para que o robô se mova no ambiente, é necessário inserir um mapa nele para que ele possa localizar e navegar no ambiente. A posição na robótica é o assunto de estudar técnicas precisas para identificar a posição do robô, ou seja, ele geralmente tenta identificar sua pose da maneira mais precisa possível. Durante o movimento do robô, ele deve ser capaz de se mover, evitar colisões com obstáculos e escolher um caminho apropriado. Portanto, é necessário definir uma trajetória, tentar conhecer sua localização e traçar um mapa ambiental para planejar o caminho. Conclui-se que sem isso o robô não teria rumo e não poderia realizar aquilo que foi programado para fazer.

Palavras-Chave: robô; rotas; movimentação; localização; navegação.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem havido grande interesse em pesquisas de automação por meio de sistemas robóticos, tendo como objetivo de promover a melhoria da qualidade do produto. A maioria desses sistemas usa a tecnologia de inteligência artificial (AI).

Portanto, nas áreas de automação, as pessoas estudaram extensivamente sistemas de navegação por robôs autônomos que permitem a

¹ Professor do Curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Centro Universitário Paulistana – Unipaulistana. Graduado em Sistemas de Informação Licenciado em Matemática Mestrado em Engenharia Elétrica pela FEI. Doutorando em Ciências da Educação pela Ivy Enber Christian University

tomada de decisões com base em informações extraídas do ambiente para fornecer colaboração ao agente ou ter visão computacional.

A navegação autônoma requer, o aprendizado de estratégias de navegação, a adaptação a novas situações e a construção de conhecimento obtidas em seu ambiente (SUN et al., 2002). Além de ser essencial para encontrar trajetórias efetivas e seguras em ambientes desconhecidos, essa função também é responsável pela caracterização de sistemas de navegação automática. (Hacohen; Cohen, 2002a; 2002b).

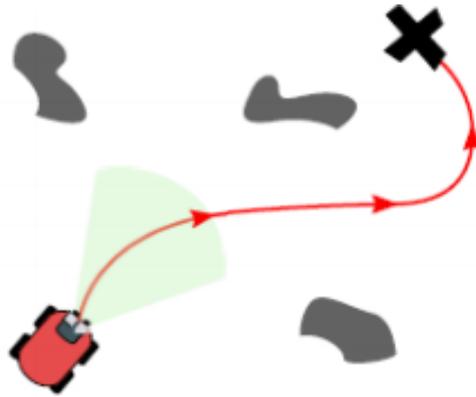
O objetivo deste trabalho é explorar a navegação autônoma do robô com base em movimentos, localização e navegação para entender como o robô navega para desenvolver o que foi programado.

2 PLANEJAMENTO DE ROTA

Robôs autônomos fazem parte de uma classe de robôs que possuem mecanismos que lhes permitem mover-se autonomamente no ambiente. Algumas ações e tarefas típicas incluem: navegação ponto a ponto no ambiente de maneira segura; os robôs podem seguir pontos em movimento no ambiente, como seguir outro robô; robôs móveis autônomos podem monitorar ambientes internos, detectando intrusos e eventos. Para todas essas e muitas outras tarefas, o robô deve ser inteligente, evitar obstáculos, desenhar elementos ambientais e conhecer sua própria posição e trajetória. Nesse caso, pode-se mencionar que os três principais tópicos de pesquisa da tecnologia de robô móvel autônomo são mapeamento do ambiente, posição do robô e navegação (Wolf et al., 2009).

Para que os robôs tenham navegação autônoma, é necessário planejar rotas (Siegwart et al., 2011). O plano inclui restrições baseadas na navegação imposta (por exemplo, a transferência de obstáculos, a passagem de alvos, a interação com outros robôs e outros fatores (Tang et al., 2016).

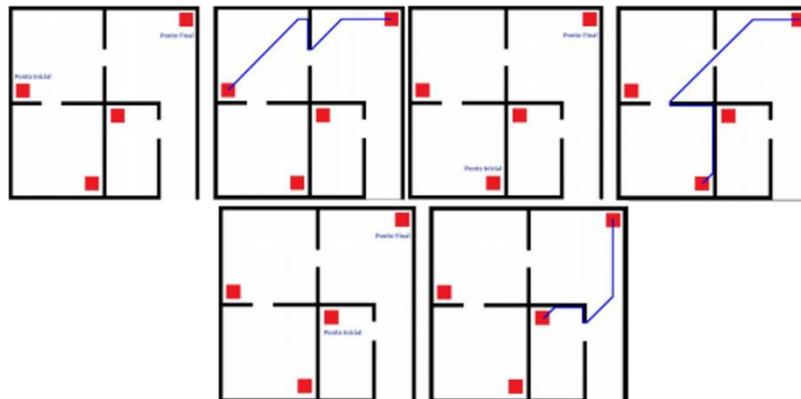
Figura 1- Exemplo simples de planejamento de rota



Fonte: Silva (2011)

Portanto, o planejamento de rotas deve incluir restrições que dificultam sua execução, como transferir obstáculos desconhecidos, escolher um caminho com os recursos necessários para concluir uma tarefa determinada e lidar com situações e problemas relacionados em um ambiente dinâmico. Portanto, a tecnologia de inteligência computacional, especialmente a tecnologia heurística evolutiva (Ladosz et al., 2017; Zhou et al, 2017).

Figura 2 – Tipos de rotas para chegar no destino programado de diferentes pontos de partida.



Fonte: Junior e Doria (2010).

Dois métodos de planejamento de rota podem ser encontrados na literatura: planejamento off-line e on-line. No método off-line, se o ambiente de navegação for alterado, as expectativas planejadas podem não ser atendidas. Por outro lado, o método on-line depende dos dados locais do ambiente, que são adquiridos por meio de interações realizadas durante o tempo de navegação, de

modo que cada robô planeja sua rota de forma independente ou após a interpretação (Mac et al., 2016).

De acordo com o planejamento da rota, o robô deve ter um sistema de navegação que possa converter a rota calculada em ações de controle efetivamente aplicadas ao seu movimento. Estratégias de controle inteligente (especialmente sistemas nebulosos) são escolhas efetivas para promover o movimento do robô, pois podem lidar com as incertezas inerentes à sua dinâmica de movimento, conforme descrito em (Hong et al., 2016; Abadi, Khooban, 2015; Mehrjerdi et al., 2010).

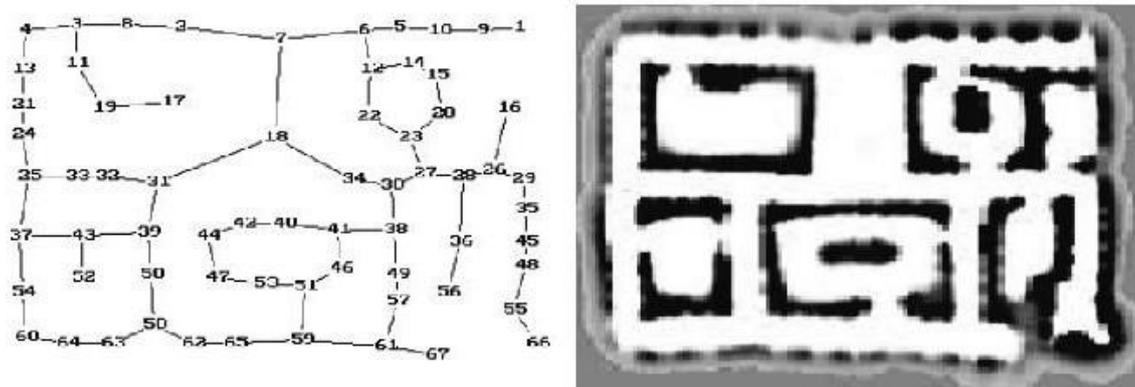
3 MAPEAMENTO

Para que o robô se mova no ambiente, é necessário inserir um mapa nele para que ele possa localizar e navegar no ambiente. O processo de mapeamento envolve a captura de informações do ambiente em que o robô está usando sensores e a aplicação de algoritmos de inteligência computacional para criar um mapa que representa a visão do ambiente do robô (Thrun, 2002; Thrun et al., 2005).

Em relação à estrutura, o mapa pode ser dividido em: gráfico topológico e gráfico métrico (Murphy, 2000; Thrun, 2002). O primeiro representa o mapa em forma gráfica, onde os vértices são os locais que o robô pode alcançar e as bordas são os caminhos que o robô pode alcançar de um lugar para outro. Esse tipo de mapa não considera a geometria do ambiente nem descreve a existência de obstáculos em detalhes. Devido à simplicidade de sua representação, consome menos recursos computacionais (Hata, 2010; Wolf et al., 2009).

Os mapas métricos podem representar o ambiente com mais precisão. O mais usado é chamado de grade de ocupação. Nesse caso, são mapas bidimensionais, em que cada célula tem um valor binário. Portanto, 0 indica uma área navegável e 1 indica uma área não navegável. Assim como os mapas de topologia, os mapas métricos podem ser usados para planejar e estimar trajetórias (Thrun et al., 2005).

Figura 3 – Mapa topológico e Mapa métrico



Fonte: Thrun (2003).

O controle de navegação pode ser baseado precisamente em uma série de etapas a serem seguidas, e o mapa de topologia pode armazenar partes específicas do ambiente e pontos de referência. A sequência de alongamento pode ser definida como um autômato finito, que pode representar o caminho definido no diagrama de topologia (Sales, 2012a).

4 LOCALIZAÇÃO

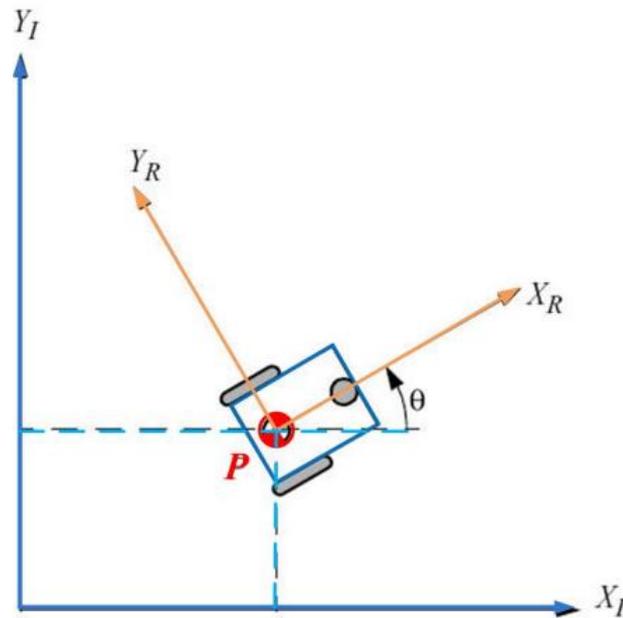
A posição na robótica é o assunto de estudar técnicas precisas para identificar a posição do robô, ou seja, ele geralmente tenta identificar sua pose da maneira mais precisa possível. (Siegwart; Nourbakhsh, 2004) e alguns algoritmos de estimativa (Thrun et al., 2005). O sensor odômetro é amplamente utilizado para calcular o deslocamento do robô para facilitar seu posicionamento após o movimento (Wolf et al., 2009).

A posição inicial determina qual a posição do robô no mapa. O método de Pessin (2012), usa sinais Wi-Fi para determinar a posição aproximada do robô. Uma vez determinada a posição inicial do robô no mapa de topologia, ela pode ser mantida com base na tecnologia usando sinais Wi-Fi, ou pode ser mantida monitorando a trajetória do robô conforme ele se move nos nós do mapa de topologia (Sales, 2012a).

O problema de posição na tecnologia do robô pode ser dividido em global e local. No primeiro caso, o robô já conhece sua posição inicial e, com o passar do tempo, deve manter uma estimativa de sua posição no ambiente. No caso de

uma localização global, a localização inicial é desconhecida e um algoritmo deve ser usado para estimar sua localização (Thrun et al., 2005).

Figura 4 – Posição Local (X_R e Y_R) e Global (X_I e Y_I) do robô em uma mapa topológico ou métrico.



Fonte: PUC – Rio (2018).

5 NAVEGAÇÃO

Durante o movimento do robô, ele deve ser capaz de se mover, evitar colisões com obstáculos e escolher um caminho apropriado (Siegwart; Nourbakhsh, 2004). Portanto, é necessário definir uma trajetória, tentar conhecer sua localização e traçar um mapa ambiental para planejar o caminho (Dudek; Jenkin, 2000).

A transferência de obstáculos envolve a manipulação das velocidades linear e angular do robô (Hata, 2010). Os métodos de prevenção de obstáculos podem ser divididos em global e local. No primeiro caso, o movimento do robô é definido mesmo antes do início da navegação. No segundo caso, apenas uma parte do mapa será analisada (Siegwart; Nourbakhsh, 2004).

Figura 5 – Exemplo de navegação desviando de obstáculos para chegar no local programado



Fonte: NAKASHIMA et al (2019).

Além de considerar o mapa e a localização, o planejamento de trajetória e a prevenção de obstáculos também devem ser implementados (Hata, 2010). Alguns aspectos que podem orientar o planejamento de trajetória são encontrar caminhos mais curtos. Entre outras técnicas, algoritmos de busca de gráficos são usados para executar o planejamento de trajetória. (Dudek; Jenkin, 2000; Hata, 2010).

6 METODOLOGIA

A metodologia é o conjunto de atividades e procedimentos adotados pelo pesquisador que possibilitam o alcance dos objetivos da pesquisa de modo mais seguro e econômico pois traça o percurso a ser feito (Lakatos; Marconi, 2009).

A pesquisa científica é classificada conforme algumas características como os objetivos e métodos utilizados (Vergara, 2004).

Quanto à natureza, a pesquisa é do tipo aplicada e descritiva. Aplicada, pois buscou conhecimentos para aplicação prática ambiente real, objetivando a solução de problemas (Cervo; Bervian, 2007). Para a construção desse trabalho, foi usado os dados da dissertação de mestrado de Freitas (2017).

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O ambiente selecionado para o experimento é uma cena típica de construção comercial, escolas e hospitais: um conjunto de longos corredores e cruzamentos com alguns móveis e / ou ornamentos, mas, exceto pela presença de pessoas, é basicamente vazio. A Figura 6 mostra a planta baixa do hospital, a partir da qual vários corredores podem ser vistos.

Figura 6 – Planta Baixa do Hospital



Fonte: Freitas (2017).

Do ponto de vista da navegação por robôs, devido à estrutura desses edifícios, o corredor é longo e existem poucos obstáculos, por um lado, esse tipo

tarefa pode ser alterada em tempo de execução e, quando o robô terminar de executar toda a sequência de comandos especificada no arquivo de texto, estará aguardando uma nova tarefa determinada pelo usuário.

No trabalho de Freitas (2017) foi utilizando o robô MARIA e usando essa tecnologia em um a cadeira de rodas, esse experimento foi repetido 10 (dez) vezes em sequência, sendo que em todas elas tanto o robô quanto á cadeira foram capazes de desviar da pessoa em movimento e dos obstáculos.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por tanto podemos perceber com esse trabalho que para o robô conseguir concluir sua tarefa ele precisa ser programado para tal. Essa programação deve seguir um plano de rota, que contenha o mapa do ambiente em que ele se encontra, informando sua localização e se tiver obstáculos inseri-los no mapa para que o robô possa quando se movimentar para chegar no seu destino desvie deles.

Para verificar a estratégia de navegação de Freitas (2017), foi selecionado um ambiente constituído por corredores e cruzamentos, cenário típico no qual robôs de serviço podem executar, como hospitais, escolas e prédios comerciais. Por meio dessa seleção, alguns comandos são definidos para o usuário determinar a sequência de tarefas do robô. Entre eles, o comando follow é codificado usando o campo vetorial. O campo vetorial é simples, mas suficiente para guiar o robô a seguir a mão circular tradicional no corredor sem impedir a passagem de pessoas nesse ambiente.

No ambiente selecionado, essa estratégia é usada para controlar o robô simulado e dois robôs de serviço semiautônomos reais. Os resultados apresentados mostram que o robô pode executar tarefas definidas pelo usuário, contornar de maneira eficaz e sistemática os obstáculos estáticos e, em determinadas situações claras, pode evitar obstáculos dinâmicos, incluindo pessoas que se deslocam no ambiente durante a missão. Além de estratégias de navegação mais simples e mais simples para este trabalho no caso de robôs com obstáculos dinâmicos, o algoritmo possui maior eficiência computacional e fornece melhores resultados do que o uso de estratégias baseadas em SLAM.

Comparado com estratégias passivas, verifica-se que este trabalho do Freitas (2017), o robô planeja um caminho tranquilo pelos locais. Quando aplicada a uma cadeira de rodas inteligente, a importância dessa suavidade é óbvia: é a aplicação motivada deste trabalho, pois quanto mais suave o caminho do robô, maior o conforto do usuário.

REFERÊNCIAS

ABADI, Davood Nazari Maryam; KHOOBAN, Mohammad Hassan. Design of optimal Mamdani-type fuzzy controller for nonholonomic wheeled mobile robots. **Journal of King Saud University-Engineering Sciences**, v. 27, n. 1, p. 92-100, 2015.

CERVO. Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; Roberto da. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

DUDEK, G.; JENKIN, M. **Computational principles of mobile robotics**. Cambridge, Cambs., UK: Cambridge University Press, 2000.

GIL, Antônio C. **Métodos e técnicas em pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

HACOHEN, A.; COHEN, H. **Vision based pursuing of moving vehicle from bird's view**: part I. Haifa: Visl- Technion, 2002a

HACOHEN, A.; COHEN, H. **Vision based pursuing of moving vehicle from bird's view**: part II. Haifa: Visl- Technion, 2002b

HATA, Alberto Yukinobu. **Mapeamento de ambientes externos utilizando robôs móveis**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

HONG, Chansol; PARK, Chan Woo; KIM, Jong-Hwan. Evolutionary dual rule-based fuzzy path planner for omnidirectional mobile robot. In: **2016 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE)**. IEEE, 2016. p. 767-774.

LADOSZ, Pawel; OH, Hyondong; CHEN, Wen-Hua. Trajectory planning for communication relay unmanned aerial vehicles in urban dynamic environments. **Journal of Intelligent & Robotic Systems**, v. 89, p. 7-25, 2018.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

MAC, Thi Thoa et al. Heuristic approaches in robot path planning: A survey. **Robotics and Autonomous Systems**, v. 86, p. 13-28, 2016.

MEHRJERDI, Hasan; SAAD, Maarouf; GHOMMAM, Jawhar. Hierarchical fuzzy cooperative control and path following for a team of mobile robots. **IEEE/ASME Transactions on Mechatronics**, v. 16, n. 5, p. 907-917, 2010.

MURPHY, R. R. **Introduction to ai robotics**. Cambridge, MA, USA: The MIT Press, 2000.

NAKASHIMA, Renan Taizo et al. UMA ARQUITETURA CENTRALIZADA PARA A NAVEGAÇÃO AUTÔNOMA DE MÚLTIPLOS ROBÔS SPHERO. In: **Congresso Brasileiro de Automática-CBA**. 2019.

PESSIN, Gustavo et al. Evolving an indoor robotic localization system based on wireless networks. In: **Engineering Applications of Neural Networks: 13th International Conference, EANN 2012, London, UK, September 20-23, 2012. Proceedings 13**. Springer Berlin Heidelberg, 2012. p. 61-70.

PUC. **Pontifícia Universidade Católica**. Pontifícia Universidade Católica. (?)

SABARÁ, Henrique Batista; SANTOS, Fernando Corrêa dos. **Tecnologia no campo, sistemas de automação e informatização**. 2021.

SALES, D. O. **Neurofsm**: aprendizado de autômatos finitos através do uso de redes neurais artificiais aplicadas à robôs móveis e veículos autônomos. Dissertação de mestrado em ciência da computação e matemática computacional (orientador: Fernando Osório), Universidade de São Paulo, 2012a.

SALES, Daniel et al. 3d vision-based autonomous navigation system using ann and kinect sensor. In: **Engineering Applications of Neural Networks: 13th International Conference, EANN 2012, London, UK, September 20-23, 2012. Proceedings 13**. Springer Berlin Heidelberg, 2012. p. 305-314.

SIEGWART, R.; NOURBAKHSI, I. **Introduction to autonomous mobile robots**. Cambridge, MA, USA: The MIT Press, 2004.

SIEGWART, R.; NOURBAKHSI, I. R.; SCARAMUZZA, D. **Introduction to Autonomous Mobile Robots**. 2nd. ed. USA: The MIT Press, 2011.

SILVA, B. A. **Planejamento de Rotas**. Seminário de Robótica. USP - São Paulo. 2011

SUN, Zehang et al. A real-time precrash vehicle detection system. In: **Sixth IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, 2002. (WACV 2002). Proceedings**. IEEE, 2002. p. 171-176.

TANG, Biwei; ZHU, Zhanxia; LUO, Jianjun. Hybridizing particle swarm optimization and differential evolution for the mobile robot global path

planning. **International Journal of Advanced Robotic Systems**, v. 13, n. 3, p. 86, 2016.

THRUN, S. Robotic mapping: **A survey**. In: Exploring Artificial Intelligence in the New Millenium, Morgan Kaufmann, 2002.

THRUN, S.; BURGARD, W.; FOX, D. **Probabilistic robotics**. Cambridge, MA, USA: The MIT Press, 2005.

WOLF, Denis Fernando et al. Robótica móvel inteligente: Da simulação às aplicações no mundo real. In: **Mini-Curso: Jornada de Atualização em Informática (JAI), Congresso da SBC**. sn, 2009. p. 13.

ZHOU, Y. et al. **Collision and deadlock avoidance in multirobot systems: A distributed approach**. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, v. 47, n. 7, p. 1712–1726, 2017. ISSN 2168-2216.