

# 1

## Introdução

### 1.1

#### Contexto e motivações

Consideráveis avanços foram feitos em relação à programação de máquinas para processos industriais específicos, começando com o tear mecânico de Jacquard em 1801 (Mck95). Desenvolvimentos em tecnologia, incluindo a criação de computadores, controle de laço fechado dos atuadores, transmissão de potência através de engrenagens e instrumentação avançada, foram necessários para a utilização de robôs suficientemente flexíveis para o uso nos mais diversos processos de produção. Tais avanços propiciaram o desenvolvimento de robôs móveis que se deslocam no ambiente onde estão inseridos (Joh04). Esses robôs podem navegar em locais conhecidos ou não (Wit02), recebendo informações sensoriais e reagindo de acordo com as mesmas (Fre92). O trabalho aqui desenvolvido trata, mais especificamente, desta categoria de robôs, a través do desenvolvimento e análise de sistemas de controle de navegação que recebem informações sensoriais e fornecem um comportamento inteligente. Muitos fatores vêm contribuindo para o desenvolvimento da pesquisa na área de robótica móvel, bem como servindo de motivação para este trabalho (Sel92),(Ben99),(Joh89). Inicialmente, pode-se citar o processo atual de automatização que as indústrias estão sofrendo em nível mundial, e o alto custo envolvido em processos de automatização flexível. Neste tipo de automatização, robôs deslocam-se através da planta fabril, conduzindo os materiais entre as máquinas, realizando suas tarefas. a posição das máquinas pode ser modificada, bem como novos equipamentos podem ser adicionados sem grandes problemas, permitindo configurações e *layouts* variáveis. Outro fator importante diz respeito a problemas de segurança em indústrias nucleares, que necessitam de robôs para transporte e manuseio de materiais radioativos. Também, o risco de colocação de pessoas em ambientes hostis e insalubres conduz ao desenvolvimento de veículos submersos e da robótica espacial (Wit02). Trabalhos repetitivos, tediosos e cansativos, como os efetuados em laboratórios e na agricultura, são fatores de incentivo ao uso de robôs móveis (Sie04). A utilização

de robôs traz três vantagens sobre as operações manuais: aumento da produtividade, melhora da qualidade e diminuído da exposição humana a produtos químicos e intempéries. Atualmente, existe na literatura uma série de estudos sobre sistemas de controle para robôs móveis.

## 1.2 Robôs móveis - uma visão geral

Os sistemas robóticos podem ser classificados basicamente como robôs manipuladores e robôs móveis. Ambas as classes de sistemas robóticos vão passando por avanços tecnológicos que elevam cada vez mais seus graus de autonomia e confiabilidade, refletindo em uma crescente aceitação pelo mercado (industrial, militar, residencial, dentre outros) destes sistemas. Nas últimas décadas tanto o campo de aplicação quanto o número de máquinas existentes tem crescido bastante. Robôs estão sendo utilizados nas mais diversas áreas para auxiliar o trabalho humano, bem como em locais de risco e inóspitos. No meio industrial, os robôs móveis e de base fixa são encontrados com frequência, propiciando grandes vantagens na produção, tais como: velocidade de operação, aumento da qualidade dos produtos, redução dos custos relativos a encargos sociais e execução ininterrupta das atividades do trabalho.

Basicamente um robô é composto por quatro partes principais conforme se pode ver na Figura 1.1. Essas são: *mecanismos*, *sistema de acionamento*, *sistema de percepção* e *sistema de controle*.

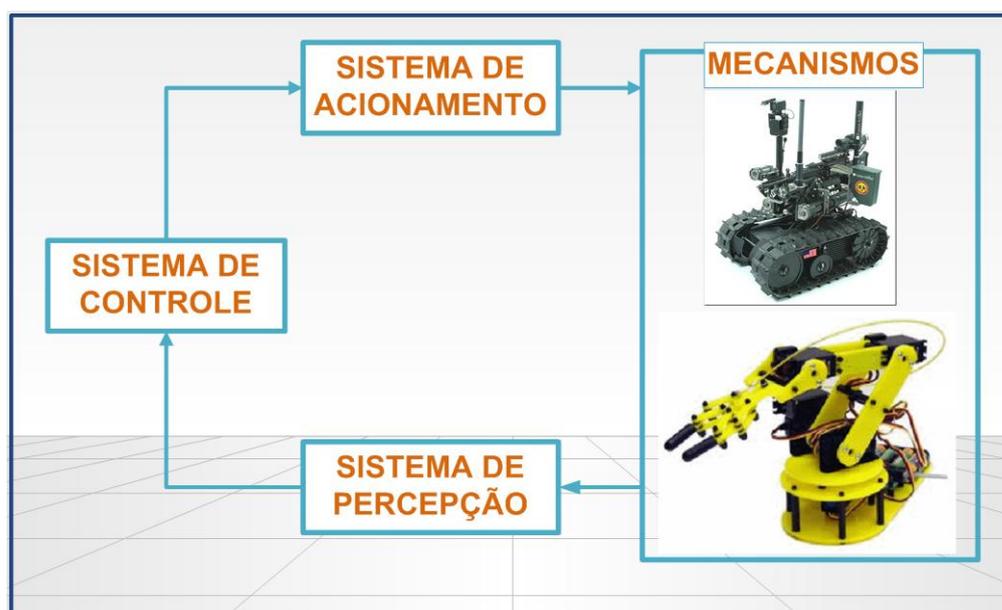


Figura 1.1: Componentes básicos de um robô: sistema de percepção, de controle, de acionamento e mecanismos de atuação.

O mecanismo, é um sistema mecânico que tem liberdade de movimentos. Esse pode ser dividido em quatro partes: dispositivos de deslocamento, braço, executor final. Os dispositivos de deslocamento permitem o movimento do robô através do ambiente. São formados por rodas, propulsões, esteiras, hélices entre outros. O braço determina o alcance do executor final no Espaço Euclidiano, enquanto o punho determina a sua Orientação. O executor é escolhido em função da tarefa a ser executada pelo robô, pode ser uma garra, pistola de solda, pistola de pintura entre outros dispositivos (Joh89).

O sistema de acionamento, transforma a energia elétrica, hidráulica e pneumática (ou uma combinação destas) em energia cinética, utilizada nos dispositivos de deslocamento, juntas do braço e do punho e no executor (Sel92).

O sistema de percepção, é responsável pela obtenção de informações sobre o estado do robô, sobre os objetos no seu espaço de trabalho e sobre as possíveis máquinas com as quais ele trabalhe. Os sensores podem ser de diversos tipos, por exemplo: sensores de infravermelho, sensores de ultra-som, câmeras filmadoras, sensores de voz entre outros (Sie04).

O sistema de controle, é o responsável pelo mapeamento, planejamento e controle dos movimentos do robô. Sua forma de ação pode consistir desde simples séries de paradas mecânicas ajustáveis até controles complexos, efetuados por processamento de dados, passando por avançados sistemas de mapeamento do ambiente. Em síntese, o sistema de controle é responsável pelo comportamento do robô. Comportamento este que pode ser do tipo fixo (repetitivo) ou inteligente, tomando decisões e reagindo conforme a situação encontrada, aprendendo com suas atitudes e incorporando-as ao seu conhecimento (Fre92).

A integração dos quatro sistemas resulta em máquinas com capacidade de realizar uma série de tarefas e movimentos. Quanto ao deslocamento no ambiente, podem-se classificar os robôs em duas grandes categorias: *fixos* e *móveis*. Inicialmente os robôs desenvolvidos eram fixos a uma determinada base e realizavam somente tarefas próximas a ela, ficando restrito o seu campo de atuação. Com o crescente interesse das diversas áreas pela utilização de robôs, tornou-se necessário o desenvolvimento de sistemas que se desloquem através do ambiente onde estão inseridos, interagindo e executando tarefas em função deste. Para viabilizar tais ações, várias questões precisam ser solucionadas. Assim, a pesquisa sobre robôs móveis, ao nível de *sistemas de controle, acionamento, percepção e mecanismo*, tem despertado bastante interesse. O trabalho desenvolvido aborda o estudo de sistemas de controle inteligente baseado na inteligência e a visão computacional para tais tipos de robôs.

### 1.3 Histórico

O desenvolvimento de pesquisas na área de robôs móveis, principalmente os autônomos, iniciou-se nos Estados Unidos com o uso de inteligência computacional (IA). A partir do início da década dos 80, houve um grande interesse sobre o assunto. Isto deveu-se às novas possibilidades oferecidas pelos microprocessadores, seja na área de instrumentação ou seja no tratamento dos dados. Os primeiros veículos desenvolvidos surgiram da necessidade da construção de robôs para serem utilizados na exploração espacial. Um dos primeiros robôs móveis foi o *Shakey*, desenvolvido em 1969 no *Stanford Research Institute* (ver figura 1.2).



Figura 1.2: Robô Shakey de Stanford

Em 1977, foi desenvolvido o veículo denominado *Stanford Cart* no *Stanford Artificial Intelligence Laboratory*, equipado com câmera de televisão, sendo substituído, em meados dos anos 80, por uma segunda versão. Nos seguintes anos instituições científicas continuaram com a tarefa de investigar robôs móveis, e assim nos anos 1980 e 1982 a marinha norte-americana criou o robô *Robart I*, que foi um dos primeiros modelos em obter sucesso, este robô tinha como função principal patrulhar ambientes fechados (*indoor*) e buscar situações indesejadas, tais como indícios de incêndio e vestígios de intrusão. Nos anos posteriores também surgiram novas versões de *Robart*, Fig 1.3.



Figura 1.3: RobartI, RobartII e RobartIII projetados pela marinha norte-americana para patrulhamento em ambientes fechados

Aplicações como estas foram escolhidas para provar as utilidades destas funções, liberando pessoas destas tarefas e provando que não eram necessários dispositivos avançados, reduzindo a complexidade de todo sistema. O desenvolvimento continuou com a aparição de novos tipos de sensores, atuadores e programas de controle fazendo ao robô cada vez mais autônomo e preciso na realização das tarefas.

Existem hoje robôs extremamente avançados, a evolução nesta área é surpreendente. O caso mais famoso de projeto é o robô Sojourner, Fig 1.4. Construído pela *Jet Propulsion Laboratory (JPL)* do Instituto de Tecnologia da Califórnia, com a colaboração da *NASA*, foi enviado a Marte com o propósito de explorar as características do terreno desse planeta e realizar experimentos científicos (Sto96).

Existem muitos outros projetos desenvolvidos em diferentes centros de investigação a nível mundial, entre eles França, Espanha, Alemanha e EUA, todos eles construídos com a tecnologia atual usando elementos de percepção sensorial como câmeras digitais, sensores ultra-som, sensores infravermelhos, localização *Global Position System (GPS)*, sensores a laser, etc.

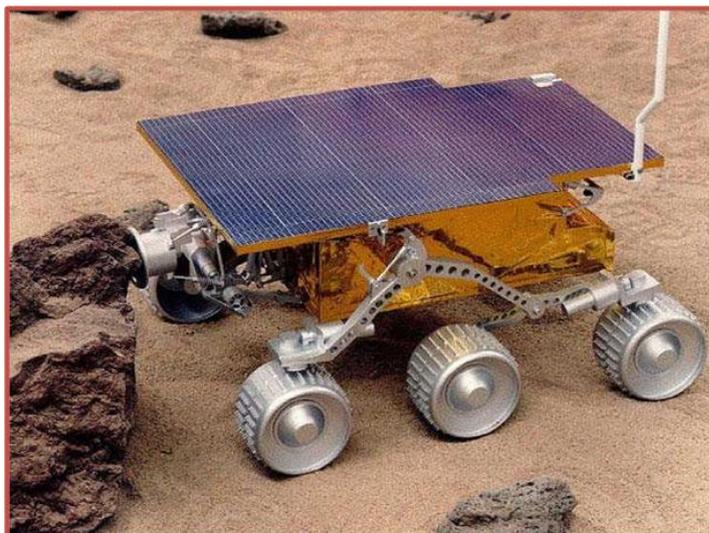


Figura 1.4: Robô Sojourner enviado para uma pesquisa a Marte

Adicionalmente todos estes robôs contam com capacidades inteligentes de interagir com o mundo real, vide Figura 1.5.

A PUC-Rio também tem um trabalho nesta área desenvolvida pelo Felipe Belo chamado "Desenvolvimento de Algoritmos de Exploração e Mapeamento para Robôs Móveis de Baixo Custo", neste trabalho ele fala sobre um algoritmo iterativo baseado em entropia para planejar uma estratégia de exploração visual, permitindo a construção eficaz de um modelo em grafo do ambiente. Utilizando a métrica de entropia o algoritmo determina nós potenciais para os quais deve se prosseguir a exploração através do procedimento de *Visual Tracking* em conjunto com a técnica SIFT (*Scale Invariant Feature Transform*), o algoritmo auxilia a navegação do robô para cada nó novo.

A idéia dos nós potenciais também foram usados neste trabalho para o treinamento da rede neural e auxiliar o processo de guiar o robô para nós já conhecidos, mas de um jeito diferente e usando outros tipos de algoritmos como se detalha no estudo desta tese.

#### 1.4 Objetivo

O objetivo desta dissertação é desenvolver um algoritmo de navegação inteligente para uma navegação autônoma e robusta do robô *ER1* modificado num ambiente desconhecido estático. Isto envolve como primeira etapa a programação do algoritmo de controle inteligente no linguagem 'C' para simulação do sistema de navegação do robô no *software Player-Stage* na plataforma Linux; projeto mecânico do Robô *ER1*, projeto eletrônico do circuito de Potência e das interfaces dos sensores; posteriormente a pro-



Figura 1.5: a)Omni-França b)Minerva-Carnegie Mello c)Segbot-Stanford d)Família Pioneer-Espanha e)Tourguide-Alemanha

gramação do algoritmo de controle no *Software Code Composer Studio* da *Texas Instrument* para sua implementação no processador digital de sinais *DigitalSignalProcessor(DSP)TMS320F2812*; programação do software de interface visual para o mapeamento da navegação do robô; e finalmente a etapa experimental.

## 1.5 Escopo

O robô *ER1* modificado navegará num espaço fechado como ambientes de hospitais ou ambientes da Universidade, e sobre terrenos planos, fazendo a exploração do ambiente desconhecido e armazenando pontos característicos do ambiente para a aprendizagem do ambiente navegado.

## 1.6 Organização da Dissertação

A presente dissertação descreve a implementação do robô *ER1* para que possa navegar num ambiente estático desconhecido mediante técnicas de inteligência computacional e percepção sensorial. Para este estudo, organizou-se o trabalho em seis capítulos, que são expostos da seguinte forma:

No **Capítulo 1**, se faz uma Introdução a esta dissertação, amostra-se uma perspectiva histórica da investigação com robôs móveis no mundo atual, e também apresenta-se o objetivo e algumas considerações e restrições.

No **Capítulo 2**, desenvolvesse os fundamentos teóricos desde o modelo do robô até as técnicas existentes para a navegação de robôs móveis.

No **Capítulo 3**, desenvolvesse o ambiente de trabalho, e se apresentam todos as ferramentas usadas neste trabalho, desde a implementação do hardware, o projeto da parte eletrônica e o desenvolvimento do software de controle.

No **Capítulo 4**, desenvolvesse o algoritmo de controle e as técnicas usadas para desenvolver um algoritmo inteligente para a navegação autônoma do robô, e se ilustram os diagramas de fluxo do algoritmo de navegação.

No **Capítulo 5**, se apresentam os resultados da exploração do robô, ilustrando primeiro a simulação e logo os gráficos do desempenho do treinamento da rede neural e do algoritmo de aprendizagem em cada nó.

No **Capítulo 6**, se detalham as conclusões do trabalho e contribuições para pesquisas posteriores.

Finalmente se apresentam os apêndices onde São mostrados os programas usados e desenvolvidos em linguagem *C*. O **apêndice A** contém a listagem dos programas em *C*. O **apêndice B** contém a biblioteca dos programas e as configurações dos periféricos do *DSP TMS320F2812*.