

feup-logo.pdf

# **Sistema de Reconhecimento de Objectos para Demonstrador de Condução Robótica Autónoma**

**João Nuno Ferreira Batista**

Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação

Orientador: Armando Jorge Sousa (Professor)

19 de Julho de 2011



# **Sistema de Reconhecimento de Objectos para Demonstrador de Condução Robótica Autónoma**

**João Nuno Ferreira Batista**

Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação

Aprovado em provas públicas pelo júri:

Presidente: Nome do Presidente (Título)

Vogal Externo: Nome do Arguente (Título)

Orientador: Nome do Orientador (Título)

---

19 de Julho de 2011



# Capítulo 1

## Resumo

O aparecimento de dispositivos RGBD, ou seja, sensores que além de captarem imagens RGB, (como qualquer câmara) também captam informação de profundidade, disponíveis para o utilizador comum mudaram a pois tornou acessível um sensor que de outra forma seria demasiado caro para ser considerado a qualquer investigador. Desta forma, pode-se equipar um robô de demonstrações de robótica autónoma com um *Kinect* e usufruir de um sensor de profundidade.

Fazendo o robô reagir a objectos simples, tal como perseguir uma esfera ou fugir de um cilindro e mesmo a combinação de ambos os comportamentos, permite criar demonstrações interactivas e apelativas para sensibilizar a assistência ao mundo da robótica e do que através dela se pode criar. Para concretizar estes objectivos, tirando partido da disponibilidade deste tipo de sensor, torna-se necessário desenvolver software de reconhecimento em tempo real de objectos simples (esferas, cones e cilindros) para poderem ser utilizados nas demonstrações de robótica autónoma.

Todo este trabalho implica uma pesquisa científica cuidada dos métodos e técnicas que existem para o reconhecimento dos ditos objectos e também dos de diferentes tipos de demonstradores que existem que servem diferentes propósitos mas que demonstram um exemplo de robótica autónoma.

Encontra-se também neste documento um planeamento das tarefas que serão realizadas para a conclusão com sucesso desta dissertação.

## Resumo

# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Resumo</b>	<b>i</b>
<b>2</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
2.1	Enquadramento . . . . .	1
2.2	Projecto . . . . .	1
2.3	Motivação e Objectivos . . . . .	2
2.4	Estrutura da Dissertação . . . . .	2
<b>3</b>	<b>Revisão Bibliográfica</b>	<b>3</b>
3.1	Introdução . . . . .	3
3.2	Técnicas de detecção de Objectos . . . . .	3
3.2.1	SIFT . . . . .	3
3.2.2	SURF . . . . .	4
3.2.3	Geometric Hashing . . . . .	5
3.2.4	RANSAC . . . . .	5
3.2.5	Point Cloud Library . . . . .	5
3.3	Sistemas de percepção para reconhecimento de Objetos . . . . .	6
3.3.1	Time of Flight Camera . . . . .	6
3.3.2	LIDAR . . . . .	6
3.3.3	Kinect . . . . .	6
3.4	Demonstradores de Robótica Autónoma . . . . .	7
3.4.1	DARPA: Grand challenge . . . . .	7
3.4.2	Festival Nacional de Robótica . . . . .	8
3.4.3	MINERVA . . . . .	9
3.4.4	CleanRob . . . . .	10
3.5	Planeamento . . . . .	11
3.6	Resumo . . . . .	12
<b>4</b>	<b>Reconhecimento de objectos</b>	<b>13</b>
4.1	Detecção de Objectos . . . . .	13
4.1.1	Detecção de Objectos Simples . . . . .	13
4.1.2	Detecção de Objectos Complexos . . . . .	13
4.2	Procedimento Experimental . . . . .	13
4.3	Resumo e Conclusões . . . . .	13

## CONTEÚDO

<b>5</b>	<b>Implementação</b>	<b>15</b>
5.1	Captura de Imagens 3D para análise . . . . .	15
5.2	Análise selecção e Separação de amostra de controlo . . . . .	16
5.3	Implementação da Detecção . . . . .	16
5.4	Resultados Obtidos . . . . .	16
5.5	Resumo ou Conclusões . . . . .	16
<b>6</b>	<b>Conclusões e Trabalho Futuro</b>	<b>17</b>
6.1	Satisfação dos Objectivos . . . . .	17
6.2	Trabalho Futuro . . . . .	18



# Lista de Figuras

3.1	Exemplo de Detecção utilizando SIFT . . . . .	4
3.2	Exemplo de fraqueza do método de mínimos quadrados . . . . .	5
3.3	Composição do Kinect . . . . .	7
3.4	Sensores no Boss [?]. . . . .	8
3.5	Pista de Condução Autónoma no Festival Nacional de Robótica . . . . .	9
3.6	MINERVA - Robô guia do museu Smithsonian . . . . .	10
3.7	CleanRob . . . . .	10
3.8	Planeamento de Tarefas . . . . .	11

## LISTA DE FIGURAS

# Lista de Tabelas

3.1 Listagem dos sensores do *Boss* . . . . . 8

## LISTA DE TABELAS

# Abreviaturas e Símbolos

Sensor RGBD    Sensor que além de imagem (RGB) devolve informação de profundidade (D)

## ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

## Capítulo 2

# Introdução

### 2.1 Enquadramento

Esta dissertação de Mestrado surgiu de um acumular de factores importantes que lhe dão contexto e definem o âmbito da mesma. Um dos factores que levaram a que esta dissertação fosse proposta foram o facto de ter sido desenvolvido, no âmbito de uma tese de Mestrado do curso de Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e Computadores, um demonstrador de robótica autónoma.

Entretanto também foi disponibilizado no mercado, um sensor de RGBD da *Microsoft* chamado *Kinect* que foi desenvolvido para o sistemas de jogos *X-Box 360* de modo a se interagir com jogos totalmente sem comandos, respondendo, desta forma, ao movimentos e gestos dos jogadores. Pouco depois da sua saída para o mercado foi desenvolvido um controlador *opensource* sendo que ficou aberta a possibilidade de se utilizar o *Kinect* como um sensor em qualquer robô com portas USB.

Estes dois factores, aliados ao desejo de se fazer demonstrações portáteis de robótica autónoma tornaram possível esta dissertação, em que se estuda a identificação de objectos em 3D em tempo real recorrendo à informação de profundidade que o *Kinect* fornece.

Uma noção basilar é que o tipo de informação que será processada serão percepções, portanto será sempre a informação obtida pelo *Kinect* mas com contexto, sendo essa percepção considerada sempre em unidades SI.

### 2.2 Projecto

Resultante desta dissertação, existirá um projecto desenvolvido que permite que o robô, que já se encontra desenvolvido, faça demonstrações de robótica autónoma, usando como sensor principal o *Kinect*. Este software permitirá configurar vários parâmetros, de uma forma intuitiva, para ser possível fazer diferentes demonstrações combinando configurações diferentes.

## 2.3 Motivação e Objectivos

A motivação principal desta dissertação é fazer o reconhecimento de objectos em tempo real através do sensor de profundidade (utilizando o *Kinect*), e após reconhecidos pelo sistema, serem utilizados para fazer demonstrações de robótica autónoma. Essas demonstrações serão possíveis através da programação de comportamentos que serão sempre relativos a esses objectos.

Esta tese pode ser considerada um sucesso se, além do software do demonstrador, se conseguir reconhecer vários objectos através do sensor de profundidade, tais como esferas, cones, cilindros e paralelepípedos.

## 2.4 Estrutura da Dissertação

Para além da introdução, esta dissertação contém mais um capítulo. No capítulo 3, é descrito o estado da arte e são apresentados trabalhos relacionados.



## Capítulo 3

# Revisão Bibliográfica

### 3.1 Introdução

Nesta secção do documento, são analisadas todas as áreas científicas relevantes para que esta dissertação possa ser realizada com sucesso, tirando partido do conhecimento mais avançado do que está a ser feito a nível mundial e até equacionar novas abordagens para melhorar as soluções existentes para o problema do reconhecimento de objectos. Faz-se também uma análise ao que existe em termos de demonstradores de robótica autónoma para enquadrar o trabalho a ser desenvolvido respeitante à utilização dos objectos, que sendo reconhecidos como marcadores influenciam o comportamento do robô.

### 3.2 Técnicas de detecção de Objectos

Nesta secção do documento apresenta-se e explora-se as técnicas mais promissoras de detecção e reconhecimento de objectos em imagens 2D e em estruturas de representação em 3D que assumem a maior importância no âmbito do ramo científico da visão por computador.

#### 3.2.1 Scale Invariant Feature Transform

Scale-Invariant Feature Transform (SIFT) [?] é uma técnica para o reconhecimento de objectos, baseada em modelos, ou seja, que requer uma base de dados com as características dos objectos, que é bastante popular em computação visual, pois consegue reconhecer objectos em que tenham sido aplicadas escalas, rotações e perspectivas em 3D. A qualidade desta técnica está dependente da qualidade das características que extrai, e do facto de estas serem invariantes apesar das transformações que se possa aplicar à imagem.

A extracção de características é feita em vários passos. O primeiro é a aplicação da função gaussiana na direcção horizontal a todas as linhas de pixeis e de seguida na vertical em todas as colunas. É utilizada também uma pirâmide de imagens onde se fez uma

progressiva interpolação bilinear para suavizar a imagem, sendo que a função gaussiana é aplicada a todas as camadas de modo a que cada uma seja comparada às suas adjacentes para determinar os máximos e os mínimos.

$$g(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-x^2/2\sigma^2}$$

O resultado desta análise é um conjunto de vectores que representam as características do objecto. Esta análise resiste a rotações de 60° sobre o eixo vertical e 30° na rotação de um objecto 3D, além disso é resistente a rotações de planos em 2D e efeitos de escala.



Figura 3.1: Exemplo de Detecção utilizando SIFT

### 3.2.2 Speeded Up Robust Feature

Speeded Up Robust Feature (SURF) é uma técnica bastante próxima de SIFT, contudo tem maior robustez às transformações que se pode fazer às imagens conseguindo, no processo, aumentar a performance da detecção e a repetibilidade [?].

As melhorias enunciadas são conseguidas através da escolha cuidadosa dos pontos característicos de um objecto. Esta escolha é feita utilizando o conceito de imagens integrais [?] cujo conceito básico é que cada pixel  $x$  na imagem inicial é a soma dos valores dos pixels no rectângulo formado pela origem da imagem e as coordenadas do pixel actual:

$$I_{\Sigma}(x) = \sum_{i \leq x} \sum_{j=0} I(i, j)$$

A vantagem destas imagens integrais é que são necessárias apenas adições para calcular a soma das intensidades em qualquer área rectangular vertical.

Os pontos característicos são encontrados onde o determinante de uma matriz hessiana é máxima.

### 3.2.3 Geometric Hashing

O geometric hashing, tal como os métodos acima representados é uma técnica baseada em modelos prévios que visa reconhecer objectos onde são aplicadas rotações, translações e escala [?]

Esta técnica tem por base também pontos característicos que são obtidos por conjuntos de três pontos não colineares segundo os quais os outros são achados. Desta forma os seus pontos característicos não variam de acordo com as transformações que podem ser aplicadas aos objectos.

### 3.2.4 RANSAC

RANSAC[?], um acrónimo de "RANDOM SAmple Consensus", é um algoritmo que permite extrair, através de um conjunto de dados, os parâmetros do modelo matemático que cria as características aproximadas do objecto. Este algoritmo funciona de forma iterativa e a cada iteração melhora a qualidade dos parâmetros extraídos. Este método representa uma evolução significativa dos métodos mínimos quadrados visto ser permeável a desvio dos dados sem que estes afectem a qualidade da modelação matemática, tal como pode ser visto na figura 3.2.

PROBLEM: Given the set of seven (x,y) pairs shown in the plot, find a best fit line, assuming that no valid datum deviates from this line by more than 0.8 units.

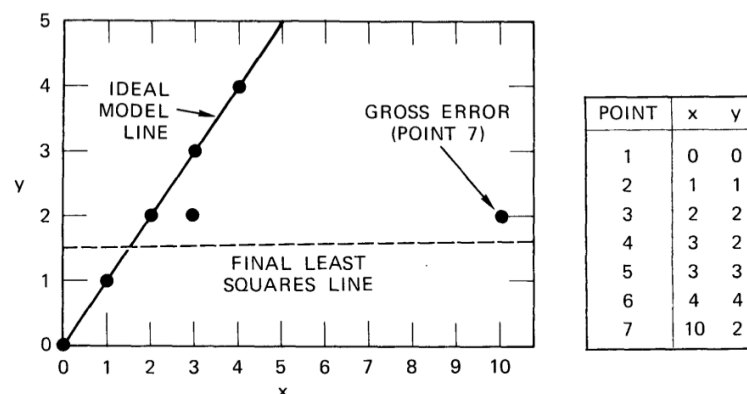


Figura 3.2: Exemplo de fraqueza do método de mínimos quadrados

### 3.2.5 Point Cloud Library

*Point Cloud Library* (PCL) é um projecto *opensource* desenvolvido em C++ cujo objectivo é disponibilizar uma ferramenta altamente optimizada para processar nuvens de

pontos. Nuvens de pontos são a informação 3D que sensores como o *Kinect* devolvem, que não é mais do que uma nuvem de pontos no espaço, com a referência no ponto onde o sensor se encontra. O projecto Point Cloud Library (PCL) [?] permite que através da nuvem de pontos se extraia a informação desejada, sendo que já tem implementado um conjunto de filtros, técnicas de reconstrução de superfícies, métodos de extracção de características 3D (por exemplo normais às superfícies), que a tornam uma ferramenta de muito interessante para usar a par do *Kinect*.

### 3.3 Sistemas de percepção para reconhecimento de Objetos

#### 3.3.1 Time of Flight Camera

Esta câmara tem receptores para obter o tempo de voo (i.e.: time-of-flight) de uma partícula de luz de modo a saber a que distância se encontram os obstáculos no campo de visão da câmara. Existem várias implementações desta tecnologia, mas a mais corrente é ter um emissor de luz, por norma um laser, que envia pulsos de luz que são reflectidos nos obstáculos e são captados por um sensor que a cada “pixel” recebe a distância a que o objecto se encontra.

É um sensor que tem muitas aplicações, entre as quais a detecção de objectos nas imediações pois permite obter distâncias dos objectos que se encontram no seu campo de visão sem que isso implique um maior custo de cálculo através de algoritmos de visão por computador.

#### 3.3.2 Light Detection and Ranging

Os sistemas LIDAR utilizam um feixe de luz rotativo para fazer mapeamento 3D do ambiente que o circunda. A vantagem destes sistemas é que, com feixes de luz muito estreitos conseguem obter uma resolução muito grande, sendo o ideal para aplicações críticas, tais como o alunar de sondas no caso da NASA [?].

Os LIDAR utilizam técnicas de *backscattering* para conseguir uma medição precisa de distância (além de algumas características do alvo), sendo necessário fazer algumas considerações prévias sobre o meio em que se vai propagar o laser para escolher o melhor comprimento de onda.

#### 3.3.3 Kinect

O *Kinect* é um sensor 3D desenvolvido pela *Microsoft*, cujo objectivo principal era ser utilizado a par com o sistema X-Box 360, para a interacção com jogos sem recorrer a controladores, sendo que através deste sensor os movimentos do jogador controlam o jogo.

As aplicações deste sensor fora do âmbito original para que foi desenvolvido são inúmeras, e rapidamente foi desenvolvido um controlador *opensource* para se desenvolver aplicações em qualquer sistema operativo.

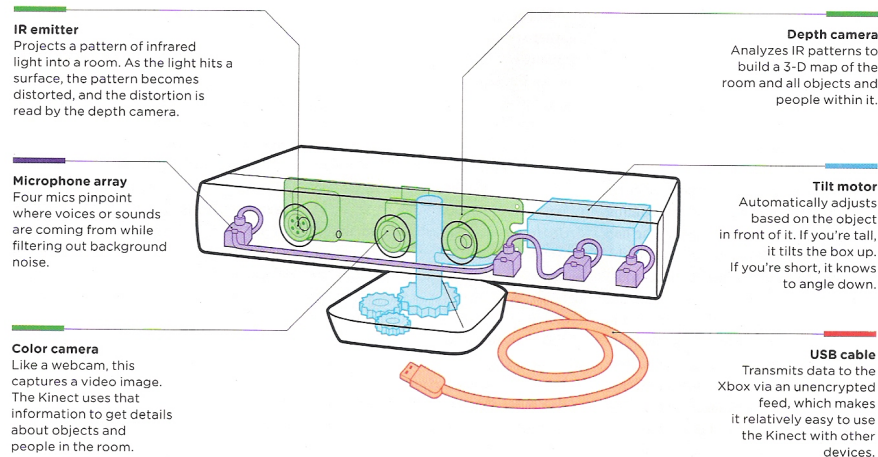


Figura 3.3: Composição do Kinect

O *Kinect* tem, como se pode ver na figura 3.3, uma câmara normal RGB contudo os sensores que extraem a percepção de profundidade é a câmara de infra-vermelhos à direita que capta os infra-vermelhos enviados pelo emissor situado à esquerda.

Entretanto foi lançado no *Windows SDK* um controlador e uma framework oficiais para se desenvolver aplicações fazendo uso do *Kinect* na plataforma *Windows*.

### 3.4 Demonstradores de Robótica Autónoma

Esta secção refere-se a demonstradores de robótica autónoma, onde são referidos os exemplos que traduzem o que se está a fazer no âmbito de demonstradores de robótica autónoma e que representam o estado da arte nesta área.

#### 3.4.1 DARPA: Grand challenge

A agência norte americana DARPA (*Defense Advanced Research Agency*), cujos projectos de investigação se destinam principalmente a aplicações militares, realizou três grandes eventos onde foram postos à prova as técnicas de condução autónoma de veículos comerciais devidamente equipados e modificados para se poderem mover de uma forma completamente autónoma.

Existiram duas edições do *Grand Challenge* realizadas em 2004 e 2005 que consistia numa prova de condução autónoma em que os carros percorriam uma estrada de cerca de 242km no deserto do *Mojave*. Em 2004 nenhum dos concorrentes chegou ao final da

Sigla	Tipo de Equipamento	Modelo
APLX	GPS	Applanix POS-LV 220/420 GPS/IMU
LMS	LIDAR	SICK LMS 291-S05/S14 LIDAR
HDL	LIDAR	Velodyne HDL-64 LIDAR
ISF	LIDAR	Continental ISF 172 LIDAR
XT	LIDAR	IBEO Alasca XT LIDAR
ARS	RADAR	Continental ARS 300 Radar
PGF	Câmara HDR	Point Grey Firefly

Tabela 3.1: Listagem dos sensores do *Boss*

prova, sendo que o o robô que mais distância percorreu ficou pelos 18km, contudo em 2005

Em 2007 foi realizado um *Urban Challenge* onde se aproximou as provas às condições encontradas num ambiente urbano, ou seja, estradas com carros a circular em ambas as vias, cruzamentos, sinalização vertical e semáforos.

Na edição de 2007 os veículos autónomos estão equipados com um conjunto de sensores entre os quais se destacam LIDAR, Radares, sonares e infravermelhos. O projecto vencedor desenvolvido pela Universidade de *Carnegie Mellon* e apelidado de *Boss* [?] tem 18 sensores dispostos como apresentado no diagrama abaixo:

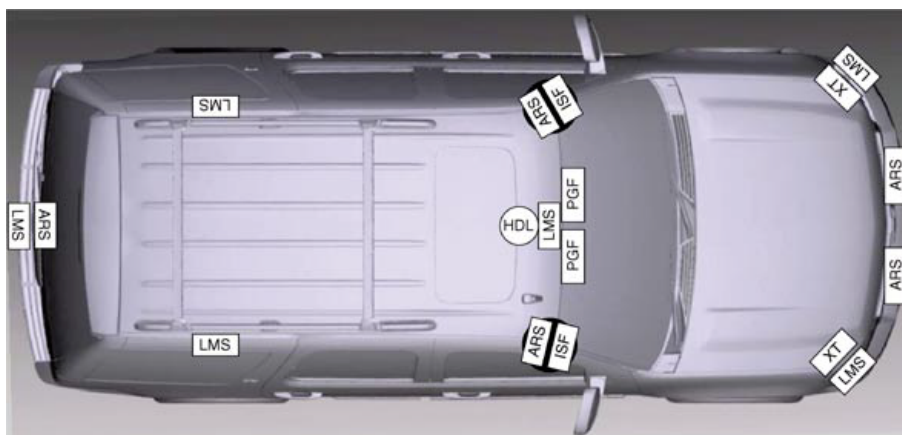


Figura 3.4: Sensores no Boss [?].

Sendo que os códigos dos sensores correspondem ao indicado na tabela 3.1 pode-se concluir, que os sensores LIDAR são um excelente sensor para ajudar no reconhecimento de objectos no mundo, tal como para mapear o ambiente do robô para se poder orientar de uma eficaz.

### 3.4.2 Festival Nacional de Robótica

O festival nacional de robótica é um evento organizado anualmente pela sociedade portuguesa de robótica em cidades diferentes onde, além de um encontro de científico

onde investigadores de robótica de todo o mundo discutem e apresentam os trabalhos que estão a desenvolver, são realizadas várias competições e demonstrações de robótica.

As competições que se realizam são as seguintes:

- Busca e Salvamento Júnior RoboCup
- Dança Júnior RoboCup
- Futebol Robótico Júnior RoboCup
- Condução Autónoma
- Liga INFAIMON Futebol Robótico Médio RoboCup
- FreeBots
- Robot@Factory
- Equipas
- Qualificações para o RoboCup

Destas competições, a mais relevante para o trabalho a ser desenvolvido no âmbito desta dissertação é a de Competição Autónoma, onde um robô totalmente autónomo tem de navegar numa pista em oito que tem as características apresentadas:

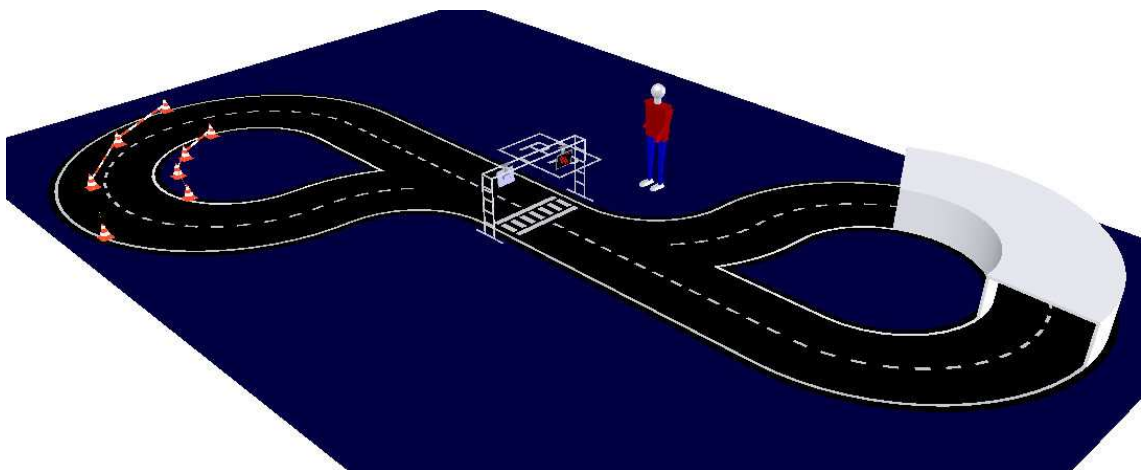


Figura 3.5: Pista de Condução Autónoma no Festival Nacional de Robótica

O objectivo é o robô percorrer a pista circulando pela faixa da direita, seguindo as indicações nos sinais verticais que se situam à beira da pista e os semáforos, e evitar os obstáculos que sinalizam obras no percurso.

### 3.4.3 MINERVA

O minerva é um robô autónomo desenvolvido na universidade Carnegie Mellon, para fazer de robô guia no museu smithsonian para a exposição de história natural que esteve em exibição no periodo de 25 de Agosto a 5 de Setembro de 1998.



Figura 3.6: MINERVA - Robô guia do museu Smithsonian

Este robô era totalmente autónomo a partir do momento em que fazia uma volta de aprendizagem, em que era guiado pelo percurso que lhe estava destinado. Estando a aprendizagem concluída, o robô orientava-se pelo resultado da sua aprendizagem, e por alguns sensores, nomeadamente para se desviar dos visitantes e de obstáculos, uma câmara para detectar marcadores no tecto do museu para se conseguir localizar. Além de guiar os visitantes pelo percurso este robô também interagia com os mesmos, respondendo a perguntas e apresentando a exposição.

### 3.4.4 CleanRob

O CleanRob é um projecto que começou a ser desenvolvido na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto em 2004, no contexto do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores. Este robô foi desenvolvido por alunos de modo a envolver alunos no desenvolvimento de projectos académicos com maior aplicação prática tirando partido de técnicas que representam o estado da arte na robótica.

Este robô utiliza um conjunto de câmaras e sonares PSD para fazer a sua localização, de modo a limpar corredores do departamento de Engenharia Electrotécnica.





Figura 3.7: CleanRob

### 3.5 Planeamento

O desenrolar desta dissertação será de Setembro a meados de Fevereiro de 2012, sendo que diferentes tarefas estão agendadas para diferentes fases. As tarefas para a realização desta dissertação com sucesso são as seguintes:

- Estado da Arte;
- Arquitectura de Sistema;
- Reconhecimento de Objectos:
  - Cilindros;
  - Esferas;
  - Paralelepípedos.
  - Mesas;
- Testes ao Sistema;
- Refinamentos;
- Escrita da Dissertação.

Estas tarefas terão um tempo atribuído para serem cumpridas, que seguirá o que está estipulado no diagrama [3.8](#).

## Revisão Bibliográfica

Ano	2011					2012	
Mês	7	9	10	11	12	1	2
Estado da Arte							
Arquitectura do Sistema							
Reconhecimento de Objectos							
Testes ao Sistema							
Refinamentos							
Escrita da Dissertação							

Figura 3.8: Planeamento de Tarefas

### 3.6 Resumo

No que diz respeito a detecção de objectos, existem vários algoritmos bastante robustos e eficazes na detecção de objectos, contudo são muito voltados para reconhecimento em imagens e não tanto baseados em conjuntos de dados 3D e além disso exigem uma fase de aprendizagem.

Os demonstradores autónomos que existem no momento já são bastante completos, considere-se como exemplo o *Boss* que navega em ambiente bastante próximo do urbano com proeza, estando cada vez mais próximo de um cenário onde condução autónoma nas cidades poderia ser uma realidade e até mesmo uma mais-valia em termos de segurança. É de assinalar também os esforços nas competições de robôs em escalas menores pois com menos recursos e menor escala consegue-se testar técnicas inovadoras com soluções menos dispendiosas e obtendo-se resultados igualmente impressionantes.

## Capítulo 4

# Reconhecimento de objectos

Este capítulo deve começar por fazer uma apresentação detalhada do problema a resolver<sup>1</sup> podendo mesmo, caso se justifique, constituir-se um capítulo com essa finalidade.

Deve depois dedicar-se à apresentação da solução sem detalhes de implementação. Dependendo do trabalho, pode ser uma descrição mais teórica, mais "arquitectural", etc.

### 4.1 Reconhecimento de Objectos

Um dos grandes problemas da condução autónoma, e naturalmente dos seus demonstradores, é o da localização, isto é: como é que um robô autónomo sabe a sua localização no espaço. A forma mais simples de resolver este problema é permitir que o robô faça o mapeamento do que o rodeia de forma a se situar relativamente ao ambiente em que se insere, nomeadamente aos objectos que o compõem. Os objectos que se compõem o seu ambiente, sejam eles simples ou complexos, devidamente identificados e situados num mapa interno permitem com que o robô interaja de forma mais eficaz com o ambiente.

Como o objectivo desta tese é o reconhecimento de objectos através das percepções de um robô decidiu-se fazer inicialmente o reconhecimento de planos no espaço e de objectos 3D simples e depois juntar essas capacidades de reconhecimentos para reconhecer objectos complexos que constituam uma composição dos mais simples que já é possível detectar.

#### 4.1.1 Reconhecimento de Objectos Simples

Os objectos simples aqui referenciados, não são mais do que as formas elementares existentes no 3D:

---

<sup>1</sup>Na introdução a apresentação do problema foi breve.

## Reconhecimento de objectos

- Esferas;
- Cilindros;
- Toróides;
- Pirâmides;
- Cubos.

### **4.1.2 Reconhecimento de Objectos Complexos**

## **4.2 Procedimento Experimental**

### **4.3 Resumo e Conclusões**

Resumir e apresentar as conclusões que se podem tirar no fim deste capítulo.

## Capítulo 5

# Implementação

Este capítulo pode ser dedicado à apresentação de detalhes de nível mais baixo relacionados com o enquadramento e implementação das soluções preconizadas no capítulo anterior. Note-se no entanto que detalhes desnecessários à compreensão do trabalho devem ser remetidos para anexos.

Dependendo do volume, a avaliação do trabalho pode ser incluída neste capítulo ou pode constituir um capítulo separado.

### 5.1 Captura de Imagens 3D para análise

Neste capítulo mostra-se apenas o formato da dissertação.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Integer hendrerit commodo ante. Pellentesque nibh libero, aliquam at, faucibus id, commodo a, velit. Duis eleifend sem eget leo. Morbi in est. Suspendisse magna sem, varius nec, hendrerit non, tincidunt quis, quam. Aenean congue. Vivamus vel est sit amet sem iaculis posuere. Cras mollis, enim vel gravida aliquam, libero nunc ullamcorper dui, ullamcorper sodales lectus nulla sed urna. Morbi aliquet porta risus. Proin vestibulum ligula a purus. Maecenas a nulla. Maecenas mattis est vitae neque auctor tempus. Etiam nulla dui, mattis vitae, porttitor sed, aliquet ut, enim. Cras nisl magna, aliquet et, laoreet at, gravida ac, neque. Sed id est. Nulla dapibus dolor quis ipsum rhoncus cursus.

Etiam nisi est, dignissim sodales, fermentum id, pulvinar ac, eros. Duis id orci. Nam pretium nisl ac augue. Ut adipiscing magna eget est. Curabitur varius. Nulla facilisi. Pellentesque sit amet neque ac dui accumsan blandit. Donec mauris felis, egestas sit amet, convallis ac, dignissim quis, dolor. Maecenas cursus tortor vel leo. Quisque tristique. Nunc augue odio, tincidunt in, dapibus sed, ultricies sit amet, lorem. In hac habitasse platea dictumst. Praesent iaculis, lacus hendrerit tempor sodales, libero tellus aliquet orci,

ut rhoncus massa lectus quis erat. Pellentesque quis dolor nec tortor rhoncus convallis. Aliquam erat volutpat. Fusce placerat, magna eu imperdiet lobortis, augue massa blandit turpis, a consectetur quam arcu sit amet risus.

## **5.2 Análise selecção e Separação de amostra de controlo**

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Quisque purus sapien, interdum ut, vestibulum a, accumsan ullamcorper, erat. Mauris a magna ut leo porta imperdiet. Donec dui odio, porta in, pretium non, semper quis, orci. Quisque erat diam, pharetra vel, laoreet ac, hendrerit vel, enim. Donec tristique luctus risus. Fusce dolor est, eleifend id, elementum sit amet, varius vitae, neque. Morbi at augue. Ut sem ligula, auctor vitae, facilisis id, pharetra non, lectus. Nulla lacus augue, aliquam eget, sollicitudin sed, hendrerit eu, leo. Suspendisse ac tortor. Mauris at odio. Etiam vehicula. Nam lacinia purus at nibh. Aliquam fringilla lorem ac justo. Ut nec enim.

Quisque ullamcorper. Aliquam vel magna. Sed pulvinar dictum ligula. Sed ultrices dolor ut turpis. Vivamus sagittis orci malesuada arcu venenatis auctor. Proin vehicula pharetra urna. Aliquam egestas nunc quis nisl. Donec ullamcorper. Nulla purus. Ut suscipit lacus vitae dui. Mauris semper. Ut eget sem. Integer orci. Nam vitae dui eget nisi placerat convallis.

Sed id lorem. Proin gravida bibendum lacus. Sed molestie, urna quis euismod laoreet, diam dolor dictum diam, vitae consectetur leo ipsum id ante. Integer eu lectus non mauris pharetra viverra. In feugiat libero ut massa. Morbi cursus, lorem sollicitudin blandit semper, felis magna pellentesque lacus, ut rhoncus leo neque at tellus. Sed mattis, diam eget eleifend tincidunt, ligula eros tincidunt diam, vitae auctor turpis est vel nunc. In eu magna. Donec dolor metus, egestas sit amet, ultrices in, faucibus sed, lectus. Etiam est enim, vehicula pharetra, porta non, viverra vel, nunc. Ut non sem. Etiam nec neque.

## **5.3 Implementação da Detecção**

## **5.4 Resultados Obtidos**

## **5.5 Resumo ou Conclusões**

Proin vehicula pharetra urna. Aliquam egestas nunc quis nisl. Donec ullamcorper. Nulla purus. Ut suscipit lacus vitae dui. Mauris semper. Ut eget sem. Integer orci. Nam vitae dui eget nisi placerat convallis.

## Capítulo 6

# Conclusões e Trabalho Futuro

Deve ser apresentado um resumo do trabalho realizado e apreciada a satisfação dos objectivos do trabalho, uma lista de contribuições principais do trabalho e as direcções para trabalho futuro.

A escrita deste capítulo deve ser orientada para a total compreensão do trabalho, tendo em atenção que, depois de ler o Resumo e a Introdução, a maioria dos leitores passará à leitura deste capítulo de conclusões e recomendações para trabalho futuro.

### 6.1 Satisfação dos Objectivos

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam non felis sed odio rutrum ultrices. Donec tempor dolor. Vivamus justo neque, tempus id, ullamcorper in, pharetra non, tellus. Praesent eu orci eu dolor congue gravida. Sed eu est. Donec pulvinar, lectus et eleifend volutpat, diam sapien sollicitudin arcu, a sagittis libero neque et dolor. Nam ligula. Cras tincidunt lectus quis nunc. Cras tincidunt congue turpis. Nulla pede velit, sagittis a, faucibus vitae, porttitor nec, ante. Nulla ut arcu. Cras eu augue at ipsum feugiat hendrerit. Proin sed justo eu sapien eleifend elementum. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Vivamus quam lacus, pharetra vel, aliquam vel, volutpat sed, nisl.

Nullam erat est, vehicula id, tempor non, scelerisque at, tellus. Pellentesque tincidunt, ante vehicula bibendum adipiscing, lorem augue tempor felis, in dictum massa justo sed metus. Suspendisse placerat, mi eget molestie sodales, tortor ante interdum dui, ac sagittis est pede et lacus. Duis sapien. Nam ornare turpis et magna. Etiam adipiscing adipiscing ipsum. Fusce sodales nisl a arcu. Cras massa leo, vehicula facilisis, commodo a, molestie faucibus, metus. Suspendisse potenti. Duis sagittis. Donec porta. Sed urna. Maecenas eros. Vivamus erat ligula, pharetra sit amet, bibendum et, fermentum sed, dolor. Nullam

eleifend condimentum nibh. Integer leo nibh, consequat eget, mollis et, sagittis ac, felis. Duis viverra pede in pede. Phasellus molestie placerat leo. Praesent at tellus a augue congue molestie. Proin sed justo eu sapien eleifend elementum. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas.

## 6.2 Trabalho Futuro

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Aliquam tempor tristique risus. Suspendisse potenti. Fusce id eros. In eu enim. Praesent commodo leo. Nullam augue. Pellentesque tellus. Integer pulvinar purus a dui convallis consectetur. In adipiscing, orci vitae lacinia semper, sapien elit posuere sem, ac euismod ipsum elit tempus urna. Aliquam erat volutpat. Nullam suscipit augue sed felis. Phasellus faucibus accumsan est.

Aliquam felis justo, facilisis sit amet, bibendum ut, tempus ac, dolor. Sed malesuada. Nunc non massa. In erat. Nulla facilisi. Phasellus blandit, est in accumsan cursus, libero augue elementum leo, vitae auctor mauris nisl ac tortor. Cras porttitor ornare elit. Fusce at lorem. Sed lectus tortor, vestibulum id, varius a, condimentum nec, lectus. Maecenas in nisi et magna pretium aliquam. Pellentesque justo elit, feugiat nec, tincidunt a, dignissim vel, ipsum. Sed nunc. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Aliquam tempus rhoncus leo. Donec neque quam, cursus sit amet, ultricies varius, semper non, pede. Donec porttitor. Sed aliquet feugiat elit.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Phasellus tellus pede, auctor ut, tincidunt a, consectetur in, felis. Mauris quis dolor et neque accumsan pellentesque. Donec dui magna, scelerisque mattis, sagittis nec, porta quis, nulla. Vivamus quis nisl. Etiam vitae nisl in diam vehicula viverra. Sed sollicitudin scelerisque est. Nunc dapibus. Sed urna. Nulla gravida. Praesent faucibus, risus ac lobortis dignissim, est tortor laoreet mauris, dictum pellentesque nunc orci tincidunt tellus. Nullam pulvinar, leo sed vestibulum euismod, ante ligula elementum pede, sit amet dapibus lacus tortor ac nisl. Morbi libero. Integer sed dolor ac lectus commodo iaculis. Donec ut odio.