



**Universidade do Minho**

Escola de Engenharia

Bruno Miguel Vasconcelos da Silva, a88289

Diogo Miguel Cunha Fernandes, a88262

Duarte Miguel Novo Rodrigues, a88259

Francisco Lopes Salgado, a88231

João Pedro Dias Miranda, a88237

José Tomás Lima de Abreu, a88218

**DWR-19**

*Digital Waiter Robot*

Projeto integrador

Laboratórios e Práticas Integradas II

Trabalho realizado sob a orientação do

**Professor Luís Barros**

26 março 2021



# ÍNDICE

Lista de Figuras .....	v
Lista de Tabelas .....	vii
Acrónimos e Siglas .....	ix
Capítulo 1 Introdução .....	11
1.1 Introdução .....	11
1.2 Enquadramento .....	12
1.3 Especificações previstas.....	12
1.3.1 Especificações funcionais.....	12
1.3.2 Especificações técnicas .....	13
1.4 Testes previstos .....	14
1.5 Planeamento inicial.....	15
Referências .....	18



## Lista de Figuras

Figura 1.1 - Diagrama de Gantt do planeamento inicial.....	17
--	----



## Lista de Tabelas

Tabela 1.1 - Planeamento inicial. ....	15
--	----





## Acrónimos e Siglas

Acrónimo/Sigla	Significado
DWR	<i>Digital Waiter Robot</i> Robô Empregado de Mesa Digital
IDE	<i>Integrated Development Environment</i> Ambiente de Desenvolvimento Integrado
RGB	<i>Red, Green, Blue</i> Vermelho, Verde, Azul
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i> Identificação por Rádio Frequência



# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Introdução

Perante o atual panorama pandémico da Covid-19 [1] pretende-se, com a realização do Projeto Integrador da Unidade Curricular de Laboratórios e Práticas Integradas II (LPI II) do curso Mestrado Integrado em Engenharia Eletrónica Industrial e Computadores, a implementação de uma ideia com o objetivo de diminuir os contactos interpessoais que possam surgir no momento da entrega de bens a pessoas hospitalizadas. Esta situação pandémica é uma oportunidade para acelerar a transformação da área saúde.

Tendo em consideração que os hospitais tiveram um aumento considerável do número de internamentos [2], pretende desenvolver-se um produto que permita a entrega e recolha de bens essenciais de forma segura. De forma a facilitar a sua desinfeção e o seu manuseamento, o robô deverá ter superfícies lisas e uma interface simples.

A maioria das ideias nesta área tem como foco principal a saúde pública da população em geral, tais como, robôs de desinfeção [3], robôs que repõem o *stock* em hospitais [4] ou que medem a temperatura corporal através de câmaras [5]. Prevê-se que o *Digital Waiter Robot* (DWR) possa ser aplicado em contexto hospitalar. Na China construiu-se um robô (*little peanut*) [6] com a mesma finalidade, que foi utilizado num hotel para entregar comida porta a porta a hóspedes com suspeita de infeção.

A versatilidade do sistema permitirá que o DWR possa auxiliar na distribuição de bens noutros contextos dependendo das funcionalidades requeridas, como, por exemplo, na indústria hoteleira ou em ambiente doméstico.

## 1.2 Enquadramento

O DWR é um robô seguidor de linha focado na automatização de um hospital. O funcionário responsável deverá fazer um pedido por cada quarto. Deverá colocar no suporte do robô o que pretende fazer chegar aos pacientes, alimentos ou medicamentos, e após submeter todos os pedidos, deverá acioná-lo e este seguirá o percurso até aos destinos. O robô fará chegar cada pedido a cada paciente, parando apenas nos quartos solicitados. Depois de atender a todos os pedidos, o DWR voltará à posição de onde partiu.

O robô terá mecanismos de proteção contra obstáculos, avisos sonoros, controlo remoto e mecanismos de deteção de segmentos do percurso.

## 1.3 Especificações previstas

O DWR seguirá uma linha preta previamente colocada no piso do hospital, que define os locais acessíveis pelo robô. Como os hospitais possuem vários quartos, em vários corredores, o robô terá de ser capaz de percorrer um percurso com várias intercessões de corredores. Assim, o sistema a ser implementado será constituído por dois subsistemas: o robô DWR e a unidade de controlo. Apesar de neste projeto ser usado apenas um robô, a unidade de controlo poderá, eventualmente, controlar vários.

Como a alimentação do robô será a baterias, eventualmente, terá de ser ligado à rede elétrica para ser carregado. Assim, existirá uma estação de carregamento que estará presente num local denominado por base.

O tipo de desenvolvimento deste produto pode ser classificado como “ofensivo”. “O objetivo é colocar no mercado um produto com funcionalidades e características inovadoras ou com preço significativamente mais baixo do que produtos com funcionalidades e características equivalentes, de forma a obter para o produto quota de mercado ou aumento da quota de mercado em relação a produtos antecessores” [7].

### 1.3.1 Especificações funcionais

A unidade de controlo será responsável por uma aplicação de interface com o funcionário e gestão de pedidos, bem como pela orientação do robô ao longo do percurso.

Cada cruzamento no percurso deverá ter um identificador único e o DWR deve ser capaz de os detetar para que possa ser corretamente orientado pela unidade de controlo. À entrada de cada quarto,

deverá existir uma marca de paragem sobre a linha de percurso, como, por exemplo, uma linha perpendicular. O robô deverá detetar essas marcas e parar apenas nas marcas dos quartos indicados pela unidade de controlo. Após recolher os bens a si destinados, o paciente poderá acionar o robô de forma a que este reinicie o seguimento da linha. Assim que não existam mais pedidos pendentes, o DWR retornará à base.

Para evitar que o DWR colida, este deverá ter um sistema de deteção de obstáculos, que, ao detetar um objeto no seu percurso, fará com que o robô pare. Se ao fim de um determinado intervalo de tempo, previamente estabelecido, a via se mantiver obstruída, deverá ser emitido um sinal sonoro para alertar as pessoas ao seu redor e, além disso, uma notificação para a aplicação de interface, alertando um funcionário responsável do sucedido. Se o problema for resolvido, o DWR continuará o seu trajeto. Caso contrário, através da aplicação, pode ser estabelecida uma ligação entre o robô e um funcionário responsável, permitindo que este controle remotamente o DWR, desviando-o do obstáculo.

### 1.3.2 Especificações técnicas

Para implementação do sistema de controlo do DWR serão usados microcontroladores STM32F767ZI-NUCLEO [8], utilizando as ferramentas STM32CubeMX [9], para configurar os seus periféricos, e Keil uVision5 [10], como IDE.

Para cumprir o objetivo de seguir de linha, usar-se-á um *array* de oito sensores de reflexão com saídas analógicas. Cada saída varia entre 0 V e 3,3 V, sendo proporcional à cor refletida pela superfície, apresentando uma tensão mais elevada quando a superfície for mais escura. Ao contrário dos sensores digitais que apresentam apenas dois níveis nas suas saídas, alto ou baixo, este tipo de sensores possuem uma maior sensibilidade, permitindo que o sistema de seguidor de linha apresente menos oscilações.

A deteção e identificação de intercessões de corredores será feita por meio da tecnologia RFID [11].

O sistema de deteção de obstáculos será composto por um módulo de sensores de distância infravermelhos adequado para calcular com precisão a distância a objetos que possam aparecer na frente do DWR. O sistema de alerta sonoro fará uso de um *buzzer* ativo.

A comunicação entre o robô e a unidade de controlo será implementada recorrendo a tecnologia *Bluetooth*. Além disso, esta tecnologia permitirá aos funcionários utilizar a aplicação de interface que lhes proporciona um leque de funcionalidades, tais como solicitar o transporte de bens a quartos desejados, controlar remotamente o DWR quando o percurso estiver obstruído.

## 1.4 Testes previstos

De forma a testar as especificações acima previstas, realizar-se-ão ensaios experimentais simulando o ambiente no qual o robô irá operar.

Todos os módulos programáveis serão testados com recurso a teste unitários, de forma a validar individualmente cada um antes da sua integração no projeto final. Estes testes permitirão determinar os valores de referência que servirão para o dimensionamento dos módulos do robô.

Quanto ao seguidor de linha, o *array* de sensores deverá ser colocado em diferentes posições sobre a linha para apurar os valores que permitirão ao robô fazer o percurso sem grandes oscilações.

Para o teste e validação do módulo de deteção RFID será testada a leitura de vários códigos RFID a diferentes distâncias e posições de forma a apurar qual delas a mais adequada. Além disso, estes testes permitirão avaliar o tempo de leitura desta tecnologia.

Relativamente ao detetor de obstáculos, poderá ser testado através da colocação, a diferentes distâncias, de um objeto à frente do sensor de distância, permitindo validar a correta medição da distância ao objeto. Com isto, será possível avaliar a que distância o DWR deverá parar quando encontrar um obstáculo.

A respeito do módulo de comunicação por *Bluetooth*, inicialmente, deverá ser testado e validado o estabelecimento da conexão, envio e receção de pequenas quantidades de dados. Por fim, este módulo poderá ser testado através da aplicação de interface, verificando as funcionalidades acima descritas.

## 1.5 Planeamento inicial

Na Tabela 1.1 apresenta-se a proposta para o planeamento inicial do projeto a ser desenvolvido, e na Figura 1.1 o respetivo diagrama de Gantt.

Tabela 1.1 - Planeamento inicial.

Tarefa	Início	Duração	Término
Etapa 0: Constituição dos grupos	19/fev	1	20/fev
Etapa 0: Seleção de orientador	20/fev	1	21/fev
Etapa 0: Seleção do projeto	20/fev	7	27/fev
Etapa 0: Estudo da viabilidade	20/fev	13	05/mar
Etapa 1.1: Descrição do produto	06/mar	4	10/mar
Etapa 1.2: Especificações previstas	10/mar	14	24/mar
Etapa 1.3: Testes previstos	10/mar	14	24/mar
Etapa 1.4: Diagrama de Gantt	18/mar	6	24/mar
Etapa 2: Alterações na maquete	26/mar	15	10/abr
Etapa 2.1: Estudo e aquisição do material necessário	26/mar	4	30/mar
Etapa 2.2: Desenho e implementação do seguidor de linha	27/mar	34	30/abr
Etapa 2.2.1: Desenho da estrutura da máquina de estados	27/mar	5	01/abr
Etapa 2.2.2: Módulo para acondicionamento de sinal dos sensores	27/mar	5	01/abr
Etapa 2.2.3: Algoritmo para o seguidor de linha	02/abr	12	14/abr
Etapa 2.2.4: Algoritmo para deteção de obstáculos	02/abr	12	14/abr
Etapa 2.2.5: Algoritmo para a deteção de RFID	14/abr	12	26/abr
Etapa 2.2.6: Junção dos módulos e implementação da máquina de estados	15/abr	15	30/abr
Etapa 2.2.7: Teste do módulo	15/abr	15	30/abr
Etapa 2.3: Desenho e implementação do controlador remoto	01/mai	31	01/jun
Etapa 2.3.1: Módulo para comunicação sem fios	01/mai	5	06/mai
Etapa 2.3.2: Criação de uma interface utilizador/controlador	06/mai	26	01/jun
Etapa 2.3.3: Teste do módulo	06/mai	26	01/jun
Etapa 2.4: Montagem e validação do produto	01/jun	21	22/jun
Etapa 2.5: Estudo de Fiabilidade, Certificação e Segurança	01/jun	20	21/jun
Etapa 2.6: Documentação	22/mai	31	22/jun

Etapa 2.7: Apresentação	15/jun	7	22/jun
-------------------------	--------	---	--------



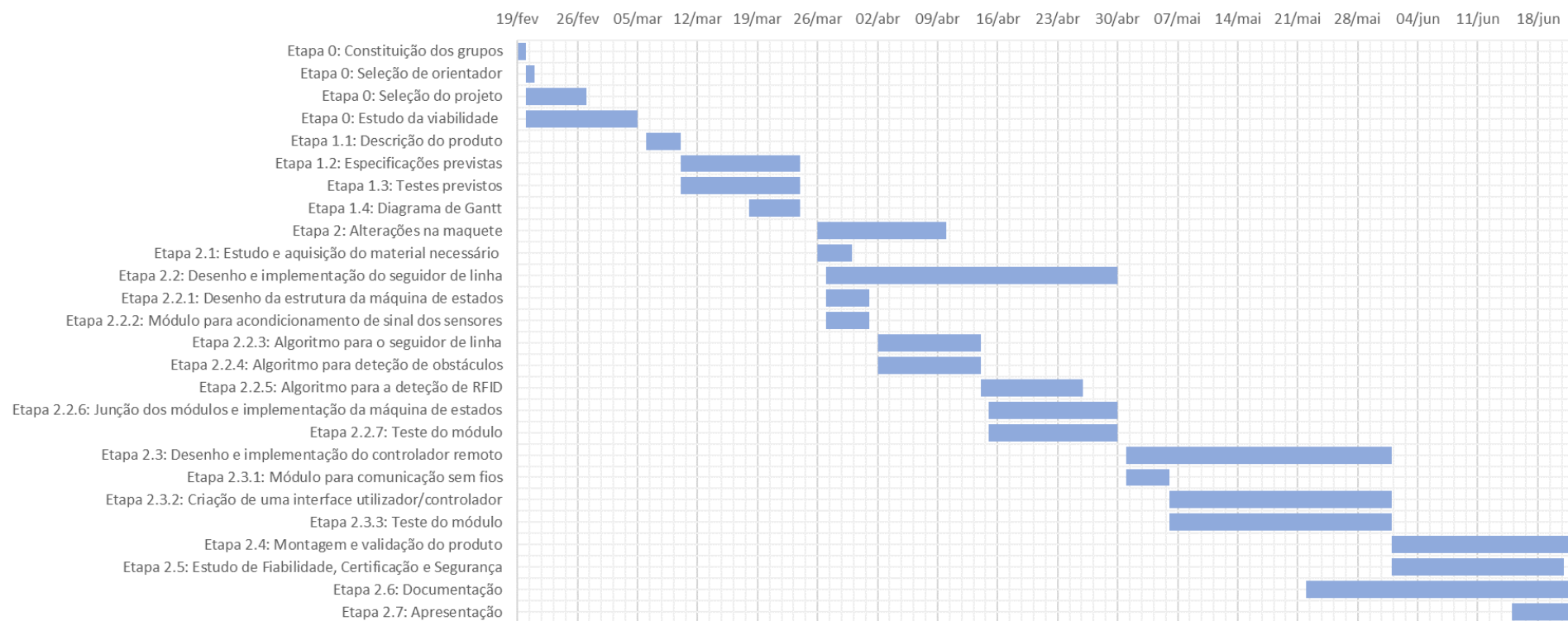


Figura 1.1 - Diagrama de Gantt do planeamento inicial.

## Referências

- [1] SNS - Serviço Nacional de Saúde, “Covid-19 | Pandemia,” 11 março 2020. [Online]. Available: <https://www.sns.gov.pt/noticias/2020/03/11/covid-19-pandemia/>. [Acedido em 16 dezembro 2020].
- [2] SIC Notícias, “Coronavírus - Hospitais de Lisboa quase a esgotar capacidade,” 14 outubro 2020. [Online]. Available: <https://sicnoticias.pt/especiais/coronavirus/2020-10-14-Hospitais-de-Lisboa-quase-a-esgotar-capacidade>. [Acedido em 24 março 2021].
- [3] “Conheça Jaci: o robô de desinfecção que auxilia no combate a Covid-19,” Tecnopuc, 29 abril 2020. [Online]. Available: <https://www.pucrs.br/tecnopuc/2020/04/29/conheca-jaci-o-robo-de-desinfeccao-que-auxilia-no-combate-covid-19/>. [Acedido em 8 fevereiro 2021].
- [4] E. L. Brand Talk, “Pandemic and the Smarter World: A Future of Robots?,” 5 maio 2020. [Online]. Available: <https://www8.gsb.columbia.edu/articles/brand-talk/pandemic-and-smarter-world-future-robots>. [Acedido em 10 fevereiro 2021].
- [5] R. K. Erico Guizzo, “How Robots Became Essential Workers in the COVID-19 Response,” IEEE SPECTRUM, 30 setembro 2020. [Online]. Available: <https://spectrum.ieee.org/robotics/medical-robots/how-robots-became-essential-workers-in-the-covid19-response>. [Acedido em 10 fevereiro 2021].
- [6] J. D'Onfro, “Robots To The Rescue: How High-Tech Machines Are Being Used To Contain The Wuhan Coronavirus,” 2 fevereiro 2020. [Online]. Available: <https://www.forbes.com/sites/jilliandonfro/2020/02/02/robots-to-the-rescue-how-high-tech-machines-are-being-used-to-contain-the-wuhan-coronavirus/?sh=73364f201779>. [Acedido em 16 dezembro 2020].
- [7] P. Garrido, “Apresentação PI,” 2020. [Online]. Available: [https://elearning.uminho.pt/bbcswebdav/pid-1045855-dt-content-rid-3987827\\_1/courses/2021.930504\\_1/ProjetoIntegrador\\_LPI1\\_2021.pptx%281%29.pdf](https://elearning.uminho.pt/bbcswebdav/pid-1045855-dt-content-rid-3987827_1/courses/2021.930504_1/ProjetoIntegrador_LPI1_2021.pptx%281%29.pdf).
- [8] STMicroelectronics, “NUCLEO-F767ZI - STM32 Nucleo-144 development board with STM32F767ZI MCU, supports Arduino, ST Zio and morpho connectivity,” [Online]. Available: <https://www.st.com/en/evaluation-tools/nucleo-f767zi.html>. [Acedido em 24 março 2021].
- [9] STMicroelectronics, “STM32CubeMX - STM32Cube initialization code generator,” [Online]. Available: <https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubemx.html>. [Acedido em 24 março 2021].
- [10] A. KEIL, “µVision IDE,” [Online]. Available: <https://www2.keil.com/mdk5/uvision/>. [Acedido em 24 março 2021].
- [11] R. Want, “IEEE Pervasive Computing,” An Introduction to RFID Technology, p. IEEE Computer Society Digital Library, janeiro - março 2006.
- [1] SNS - Serviço Nacional de Saúde, “Covid-19 | Pandemia,” 11 março 2020. [Online]. Available: <https://www.sns.gov.pt/noticias/2020/03/11/covid-19-pandemia/>. [Acedido em 16 dezembro 2020].

- [2] SIC Notícias, “Coronavírus - Hospitais de Lisboa quase a esgotar capacidade,” 14 outubro 2020. [Online]. Available: <https://sicnoticias.pt/especiais/coronavirus/2020-10-14-Hospitais-de-Lisboa-quase-a-esgotar-capacidade>. [Acedido em 24 março 2021].
- [3] “Conheça Jaci: o robô de desinfecção que auxilia no combate a Covid-19,” Tecnopuc, 29 abril 2020. [Online]. Available: <https://www.pucrs.br/tecnopuc/2020/04/29/conheca-jaci-o-robo-de-desinfeccao-que-auxilia-no-combate-covid-19/>. [Acedido em 8 fevereiro 2021].
- [4] E. L. Brand Talk, “Pandemic and the Smarter World: A Future of Robots?,” 5 maio 2020. [Online]. Available: <https://www8.gsb.columbia.edu/articles/brand-talk/pandemic-and-smarter-world-future-robots>. [Acedido em 10 fevereiro 2021].
- [5] R. K. Erico Guizzo, “How Robots Became Essential Workers in the COVID-19 Response,” IEEE SPECTRUM, 30 setembro 2020. [Online]. Available: <https://spectrum.ieee.org/robotics/medical-robots/how-robots-became-essential-workers-in-the-covid19-response>. [Acedido em 10 fevereiro 2021].
- [6] J. D'Onfro, “Robots To The Rescue: How High-Tech Machines Are Being Used To Contain The Wuhan Coronavirus,” 2 fevereiro 2020. [Online]. Available: <https://www.forbes.com/sites/jilliandonfro/2020/02/02/robots-to-the-rescue-how-high-tech-machines-are-being-used-to-contain-the-wuhan-coronavirus/?sh=73364f201779>. [Acedido em 16 dezembro 2020].
- [7] P. Garrido, “Apresentação PI,” 2020. [Online]. Available: [https://elearning.uminho.pt/bbcswebdav/pid-1045855-dt-content-rid-3987827\\_1/courses/2021.9305O4\\_1/ProjetoIntegrador\\_LPI1\\_2021.pptx%281%29.pdf](https://elearning.uminho.pt/bbcswebdav/pid-1045855-dt-content-rid-3987827_1/courses/2021.9305O4_1/ProjetoIntegrador_LPI1_2021.pptx%281%29.pdf).
- [8] STMicroelectronics, “NUCLEO-F767ZI - STM32 Nucleo-144 development board with STM32F767ZI MCU, supports Arduino, ST Zio and morpho connectivity,” [Online]. Available: <https://www.st.com/en/evaluation-tools/nucleo-f767zi.html>. [Acedido em 24 março 2021].
- [9] STMicroelectronics, “STM32CubeMX - STM32Cube initialization code generator,” [Online]. Available: <https://www.st.com/en/development-tools/stm32cubemx.html>. [Acedido em 24 março 2021].
- [10] A. KEIL, “μVision IDE,” [Online]. Available: <https://www2.keil.com/mdk5/uvision/>. [Acedido em 24 março 2021].
- [11] R. Want, “IEEE Pervasive Computing,” *An Introduction to RFID Technology*, p. IEEE Computer Society Digital Library, janeiro - março 2006.