

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO**

# **UAV Command Forwarder**

**João Pedro Mesquita Azevedo**



Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Área de Especialização em Telecomunicações

Departamento de Engenharia Eletrotécnica

2019



Este relatório satisfaz, parcialmente, os requisitos que constam da Ficha de Unidade Curricular de Tese/Dissertação, do 2.º ano do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores.

Candidato: João Pedro Mesquita Azevedo, [1111476@isep.ipp.pt](mailto:1111476@isep.ipp.pt)

Orientação científica: Jorge Botelho Da Costa Mamede, [jbm@isep.ipp.pt](mailto:jbm@isep.ipp.pt)



Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Área de Especialização em Telecomunicações

Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

DAY de MONTH de YEAR



*“You should be glad that bridge fell down.  
I was planning to build thirteen more to that same design”*

Isambard Kingdom Brunel



# Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer com especial carinho aos meus pais, pela força que me deram durante todo este percurso e também pelo esforço por eles feito durante este meu percurso.

Ao resto da família por estarem lá sempre que foi necessário. Agradecer também aos amigos que estiveram presentes não só nas fases mais fáceis, mas também nas fases mais difíceis, sempre com um gesto animador, em especial ao Adriano Valadar.

A todos os profissionais do ISEP, deixo os maiores agradecimentos pelos conhecimentos transmitidos durante todo o percurso não só na licenciatura como no Mestrado de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores – ramo de Telecomunicações. Quero também agradecer em especial ao meu orientador científico o engenheiro Jorge Mamede, pela orientação, disponibilidade e ajuda na concretização deste projeto.

As recordações dos momentos passados no ISEP, serão para sempre lembradas como uma excelente parte da minha vida.

João Pedro Mesquita Azevedo





# Resumo

Este documento ilustra o formato a usar em dissertações na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. São dados exemplos de margens, cabeçalhos, títulos, paginação, estilos de índices, etc. São ainda dados exemplos de formatação de citações, figuras e tabelas, equações, referências cruzadas, lista de referências e índices. Este documento não pretende exemplificar conteúdos a usar. É usado o *Loren Ipsum* para preencher a dissertação.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam vitae quam sed mauris auctor porttitor. Mauris porta sem vitae arcu sagittis facilisis. Proin sodales risus sit amet arcu. Quisque eu pede eu elit pulvinar porttitor. Maecenas dignissim tincidunt dui. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Donec non augue sit amet nulla gravida rutrum. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Nunc at nunc. Etiam egestas. Donec malesuada pede eget nunc. Fusce porttitor felis eget mi mattis vestibulum. Pellentesque faucibus. Cras adipiscing dolor quis mi. Quisque sagittis, justo sed dapibus pharetra, lectus velit tincidunt eros, ac fermentum nulla velit vel sapien. Vestibulum sem mauris, hendrerit non, feugiat ac, varius ornare, lectus. Praesent urna tellus, euismod in, hendrerit sit amet, pretium vitae, nisi. Proin nisl sem, ultrices eget, faucibus a, feugiat non, purus. Etiam mi tortor, convallis quis, pharetra ut, consectetur eu, orci. Vivamus aliquet. Aenean mollis fringilla erat. Vivamus mollis, purus at pellentesque faucibus, sapien lorem eleifend quam, mollis luctus mi purus in dui. Maecenas volutpat mauris eu lectus. Morbi vel risus et dolor bibendum malesuada. Donec feugiat tristique erat. Nam porta auctor mi. Nulla purus. Nam aliquam.

**Palavras-Chave:** MIMO, OFDM, MIMO-OFDM, Sistema de comunicação sem fios, Canal de Comunicação



# Abstract

Here goes the abstract written in English.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Sed vehicula lorem commodo dui. Fusce mollis feugiat elit. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Donec eu quam. Aenean consectetur odio quis nisi. Fusce molestie metus sed neque. Praesent nulla. Donec quis urna. Pellentesque hendrerit vulputate nunc. Donec id eros et leo ullamcorper placerat. Curabitur aliquam tellus et diam.

Ut tortor. Morbi eget elit. Maecenas nec risus. Sed ultricies. Sed scelerisque libero faucibus sem. Nullam molestie leo quis tellus. Donec ipsum. Nulla lobortis purus pharetra turpis. Nulla laoreet, arcu nec hendrerit vulputate, tortor elit eleifend turpis, et aliquam leo metus in dolor. Praesent sed nulla. Mauris ac augue. Cras ac orci. Etiam sed urna eget nulla sodales venenatis. Donec faucibus ante eget dui. Nam magna. Suspendisse sollicitudin est et mi.

Fusce sed ipsum vel velit imperdiet dictum. Sed nisi purus, dapibus ut, iaculis ac, placerat id, purus. Integer aliquet elementum libero. Phasellus facilisis leo eget elit. Nullam nisi magna, ornare at, aliquet et, porta id, odio. Sed volutpat tellus consectetur ligula. Phasellus turpis augue, malesuada et, placerat fringilla, ornare nec, eros. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Vivamus ornare quam nec sem mattis vulputate. Nullam porta, diam nec porta mollis, orci leo condimentum sapien, quis venenatis mi dolor a metus. Nullam mollis. Aenean metus massa, pellentesque sit amet, sagittis eget, tincidunt in, arcu. Vestibulum porta laoreet tortor. Nullam mollis elit nec justo. In nulla ligula, pellentesque sit amet, consequat sed, faucibus id, velit. Fusce purus. Quisque sagittis urna at quam. Ut eu lacus. Maecenas tortor nibh, ultricies nec, vestibulum varius, egestas id, sapien.

Donec hendrerit. Vivamus suscipit egestas nibh. In ornare leo ut massa. Donec nisi nisl, dignissim quis, faucibus a, bibendum ac, diam. Nam adipiscing hendrerit mi. Morbi ac nulla. Nullam id est ac nisi consectetur commodo. Pellentesque aliquam massa sit amet tellus. Vivamus sodales aliquam leo.

**Keywords:** MIMO, OFDM, MIMO-OFDM, Wireless Communication System, Communication Channel



# Conteúdo



# **Lista de Figuras**





# **Lista de Tabelas**



# Acrónimos

<b>AG</b>	Genetic Algorithm
<b>IMU</b>	<i>Inertial Measurement Unit</i>
<b>IMU</b>	<i>Inertial Measurement Unit</i>
<b>IMU</b>	<i>Inertial Measurement Unit</i>
<b>IMU</b>	<i>Inertial Measurement Unit</i>
<b>IMU</b>	<i>Inertial Measurement Unit</i>
<b>IMU</b>	<i>Inertial Measurement Unit</i>
<b>IMU</b>	<i>Inertial Measurement Unit</i>
<b>IMU</b>	<i>Inertial Measurement Unit</i>
<b>IMU</b>	<i>Inertial Measurement Unit</i>
<b>IMU</b>	<i>Inertial Measurement Unit</i>
<b>INESC TEC</b>	Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Tecnologia e Ciência
<b>ISEP</b>	Instituto Superior de Engenharia do Porto
<b>ISEP</b>	Instituto Superior de Engenharia do Porto
<b>LSA</b>	Laboratório de Sistemas Autónomos
<b>LSA</b>	Laboratório de Sistemas Autónomos
<b>LSA</b>	Laboratório de Sistemas Autónomos
<b>MEEC</b>	Mestrado em Engenharia Eletro
<b>MPC</b>	<i>Model Predictive Control</i>
<b>MPC</b>	<i>Model Predictive Control</i>
<b>MPC</b>	<i>Model Predictive Control</i>
<b>MPC</b>	<i>Model Predictive Control</i>
<b>MPC</b>	<i>Model Predictive Control</i>
<b>OET</b>	Tecnologias Óticas e Eletrónicas ( <i>Optical and Electronic Technologies</i> )
<b>PID</b>	<i>Proportional–Integral–Derivative</i>
<b>PID</b>	<i>Proportional–Integral–Derivative</i>
<b>PID</b>	<i>Proportional–Integral–Derivative</i>

<b>PID</b>	<i>Proportional–Integral–Derivative</i>
<b>PID</b>	<i>Proportional–Integral–Derivative</i>
<b>PID</b>	<i>Proportional–Integral–Derivative</i>
<b>PID</b>	<i>Proportional–Integral–Derivative</i>
<b>PID</b>	<i>Proportional–Integral–Derivative</i>
<b>PID</b>	<i>Proportional–Integral–Derivative</i>
<b>ROS</b>	<i>Robot Operating System</i>
<b>ROS</b>	<i>Robot Operating System</i>
<b>ROS</b>	<i>Robot Operating System</i>
<b>ROS</b>	<i>Robot Operating System</i>
<b>ROS</b>	<i>Robot Operating System</i>
<b>UAV</b>	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
<b>UAV</b>	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
<b>UAV</b>	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
<b>UAV</b>	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
<b>UAV</b>	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
<b>UGV</b>	<i>Unmanned Ground Vehicle</i>
<b>UGV</b>	<i>Unmanned Ground Vehicle</i>
<b>UGV</b>	<i>Unmanned Ground Vehicle</i>
<b>UGV</b>	<i>Unmanned Ground Vehicle</i>
<b>UGV</b>	<i>Unmanned Ground Vehicle</i>
<b>UGV</b>	<i>Unmanned Ground Vehicle</i>
<b>UGV</b>	<i>Unmanned Ground Vehicle</i>
<b>UGV</b>	<i>Unmanned Ground Vehicle</i>
<b>UGV</b>	<i>Unmanned Ground Vehicle</i>
<b>UGV</b>	<i>Unmanned Ground Vehicle</i>
<b>UGV</b>	<i>Unmanned Ground Vehicle</i>
<b>UGV</b>	<i>Unmanned Ground Vehicle</i>
<b>UGV</b>	<i>Unmanned Ground Vehicle</i>
<b>UGV</b>	<i>Unmanned Ground Vehicle</i>
<b>UGV</b>	<i>Unmanned Ground Vehicle</i>
<b>UOWC</b>	Comunicações óticas sem fios subaquáticas ( <i>Underwater Optical Wireless Communication</i> )
<b>USV</b>	<i>Unmanned Surface Vehicle</i>
<b>USV</b>	<i>Unmanned Surface Vehicle</i>
<b>USV</b>	<i>Unmanned Surface Vehicle</i>

<b>USV</b>	<i>Unmanned Surface Vehicle</i>
<b>USV</b>	<i>Unmanned Surface Vehicle</i>
<b>USV</b>	<i>Unmanned Surface Vehicle</i>
<b>USV</b>	<i>Unmanned Surface Vehicle</i>
<b>USV</b>	<i>Unmanned Surface Vehicle</i>
<b>USV</b>	<i>Unmanned Surface Vehicle</i>
<b>USV</b>	<i>Unmanned Surface Vehicle</i>
<b>VTOL</b>	<i>Vertical Take-Off and Landing</i>
<b>VTOL</b>	<i>Vertical Take-Off and Landing</i>
<b>VTOL</b>	<i>Vertical Take-Off and Landing</i>
<b>VTOL</b>	<i>Vertical Take-Off and Landing</i>
<b>VTOL</b>	<i>Vertical Take-Off and Landing</i>



[10pt,a4paper]article [utf8]inputenc amsmath amsfonts amssymb •