



CONSTRUÇÃO COM ROBÓTICA INTELIGENTE E ARQUITETURA REVOLUCIONÁRIA DE TECNOLOGIAS EMERGENTES

E2.3A. PACOTE DE SOFTWARE ROS - CONTROLO PARA COLABORAÇÃO HOMEM-ROBÔ

ISEP INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DO PORTO

BUILT COLAB
DIGITAL BUILT ENVIRONMENT



GARCIA GARCIA
DESIGN & BUILD



**Instituto Superior
de Engenharia**

Politécnico de Coimbra



2025

Todos os direitos reservados. Este documento não pode ser reproduzido, no todo ou em parte, por fotocópia ou outros meios, sem a permissão do consórcio.

Página intencionalmente deixada em branco

Identificação do documento

Título	CRIARTE: Construção com Robótica Inteligente e Arquitetura Revolucionária de Tecnologias Emergentes
Referência	COMPETE2030-FEDER-01192200
Duração	2025/01/01 – 2028/01/01
Chefe do Consórcio	Ingeniarius, Lda. (ING)
Copromotores	Garcia Garcia, SA. (GARCIA) Laboratório Colaborativo para o Ambiente Construído do Futuro (BUILTCoLAB) Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC) Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP)
Coordenador	Micael S. Couceiro (ING)

Atividade / Entregável

Atividade	A2. Desenvolvimento de capacidades de perceção-ação
Entregável	E2.3a: Pacote de software ROS - Controlo para colaboração homem-robô
Líder	ISEC
Data de entrega (mês)	05/02/2026 (m12)

Registo de mudanças

Versão	Data	Editado por	Breve descrição das mudanças
V1.0	05/02/2025	T. Pereira e J. Alves (ISEC)	Primeira versão completa do documento

Índice

Identificação do documento	iii
Atividade / Entregável	iii
Registo de mudanças	iii
Índice	v
Lista de Figuras	vii
Lista de Tabelas	ix
1. Introdução	10
2. Progresso Actual do Pacote de Software ROS	12
2.1. Estrutura do Pacote do Controlador	12
2.2. Dependências do Pacote	13

Lista de Figuras

Figura 1 - Estrutura funcional do controlador FOPID-P, evidenciando as quatro componentes principais da ação de controlo	13
---	----

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Dependência ROS2 do Pacote telehandler_moveit.....	13
--	----

1. Introdução

O presente entregável tem como objetivo apresentar, de forma estruturada, os repositórios associados ao Pacote de software *ROS – Controlo para colaboração homem-robô*, desenvolvido no âmbito da Atividade A2 do projeto CRIARTE, sob a liderança do ISEC. Estes repositórios agregam os desenvolvimentos realizados em ROS 2 para o controlo avançado de um manipulador robótico, integrando planeamento de movimento com MoveIt 2, algoritmos de controlo de trajetória e mecanismos de interação segura em contexto colaborativo. A disponibilização do código-fonte no GitLab do projeto visa assegurar a rastreabilidade, a reprodutibilidade e a colaboração entre os parceiros do consórcio.

2. Progresso Actual do Pacote de Software ROS

No âmbito da Atividade A2 – Desenvolvimento de capacidades de perceção-ação, foi desenvolvido e disponibilizado um conjunto de repositórios dedicados ao **Pacote de software ROS – Controlo para colaboração homem-robô**, sob a liderança do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC). Estes repositórios encontram-se alojados no GitLab oficial do projeto CRIARTE, garantindo a centralização do código-fonte, a rastreabilidade dos desenvolvimentos e a colaboração contínua entre os parceiros do consórcio.

O principal repositório associado a este entregável corresponde ao pacote **telehandler_moveit**, acessível através do seguinte link (com o brach: “ISEC”): https://gitlab.ingeniarius.pt/criarte/a2/acao/-/tree/ISEC/telehandler_moveit

Este pacote foi desenvolvido em ROS2 e integra o framework **MoveIt 2** para planeamento de movimento e controlo avançado de um manipulador robótico do tipo *telehandler*, representativo de equipamentos utilizados em contexto de construção. A solução proposta suporta tanto a operação em ambiente simulado como a integração com hardware real, permitindo a validação progressiva dos algoritmos de controlo em diferentes cenários de utilização.

Do ponto de vista funcional, o pacote disponibiliza mecanismos de planeamento de trajetórias livres de colisões, resolução de cinemática inversa e controlo de execução baseado em controladores de velocidade do tipo **PID de ordem fracionária (FOPID-P)**, concebidos para garantir um seguimento suave e preciso das trajetórias planeadas.

2.1. Estrutura do Pacote do Controlador

O pacote **telehandler_moveit** encontra-se organizado de forma modular, com o objetivo de garantir escalabilidade, facilidade de manutenção e separação clara de responsabilidades funcionais. Ano que toca à estrutura do pacote do controlador estende a lei clássica PID ao introduzir **termos fracionários** (integral de ordem λ e derivada de ordem μ) e um **termo preditivo** baseado numa extrapolação linear do erro. A ação do control é composto por 4 atributos: proporcional, integral fracionário, derivativo fracionário e correção preditiva.

Os termos fracionários são calculados em tempo discreto recorrendo a uma memória finita do erro, o que permite modelar de forma mais flexível a dinâmica do sistema quando comparado com um PID clássico. O termo preditivo introduz uma compensação antecipativa, contribuindo para maior rapidez de resposta.

A saída do controlador é sujeita a saturação e inclui um mecanismo de anti-windup, prevenindo acumulação excessiva do termo integral quando o atuador atinge os seus limites físicos.

A figura 1 mostra a estrutura do controlador FOPID-P, implementado no repositório gitlab:

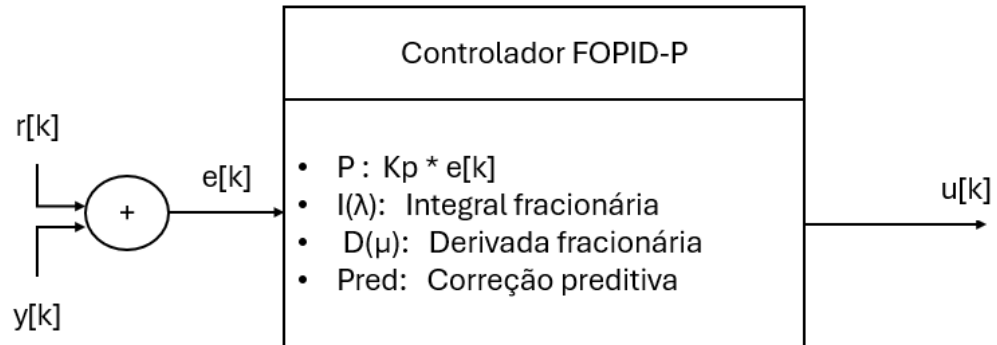


Figura 1 - Estrutura funcional do controlador FOPID-P, evidenciando as quatro componentes principais da ação de controle

2.2. Dependências do Pacote

A Tabela seguinte apresenta as principais dependências do pacote *telehandler_moveit*, identificando os componentes de software necessários à sua correta compilação, configuração e execução. As dependências listadas incluem bibliotecas do ecossistema ROS 2, utilizados na implementação dos algoritmos de controle e planejamento de movimento.

Tabela 1 - Dependência ROS2 do Pacote *telehandler_moveit*

Categoria	Dependência	Descrição / Função Principal
ROS 2	ament_cmake	Sistema de compilação utilizado para construir o pacote ROS 2
ROS 2	rclpy	Biblioteca cliente Python para desenvolvimento de nós ROS 2
ROS 2	rosidl_default_generators	Geração de interfaces ROS (ações e mensagens)
ROS 2	std_msgs	Tipos de mensagens padrão
ROS 2	geometry_msgs	Definição de mensagens geométricas (poses, vetores, etc.)
ROS 2	sensor_msgs	Mensagens de sensores, incluindo estados das juntas
ROS 2	visualization_msgs	Visualização de marcadores e trajetórias
ROS 2	tf2_ros	Gestão de transformações entre referenciais
ROS 2	tf2_geometry_msgs	Conversão de mensagens geométricas com TF
ROS 2	robot_state_publisher	Publicação do estado cinemático do robô
ROS 2	joint_state_publisher	Publicação de estados das juntas

ROS 2	controller_manager	Gestão de controladores ROS 2
ROS 2	xacro	Processamento de descrições URDF em formato Xacro
ROS 2	rviz2	Ferramenta de visualização e depuração
