**PPS10**

**ENTREGÁVEL**

03

**Comportamentos Humanos**

Este documento traduz a arquitetura proposta para investigação e desenvolvimento dos “algoritmos de colaboração com humanos”

|  |  |
| --- | --- |
| Projeto | Programação “LOW CODE” de robôs - PPS10 |
| Revisão do documento | 01 |
| Data da revisão |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Produzido por** | **Revisto por** |
| **Empresa** | **UC** |  |
| **Responsável**  **Elaborado por:** | **Paulo Menezes**  **Paulo Menezes  Andrey Solovov** |  |
| **Assinatura** |  |  |

Conteúdo

[1. Este documento 2](#_Toc151209783)

[1.1 Objetivo 2](#_Toc151209784)

[1.2 Registo de Alterações 2](#_Toc151209785)

[2. Visão de Produto 3](#_Toc151209786)

[3. Módulos de suporte à interação com humanos 4](#_Toc151209787)

[3.1 Submódulos 5](#_Toc151209788)

[3.1.1 “Submódulo peopleTracker” 5](#_Toc151209789)

[3.1.2 “Submódulo eyeContact” 5](#_Toc151209790)

[3.1.3 “Submódulo dangerLevel” 6](#_Toc151209791)

# Este documento

## Objetivo

Este documento tem como objetivo estabelecer uma base para a boa compreensão acerca das funcionalidades que serão objeto de investigação e desenvolvimento em torno do tema da análise dos comportamentos e foco de atenção das pessoas na imediação de robôs de forma a poder antecipar quaisquer situações potencialmente perigosas e tomar as ações preventivas necessárias, evitando abordagens mais clássicas e demasiado limitadoras tanto para a circulação das pessoas como para o próprio processo produtivo.

## Registo de Alterações

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Descrição da alteração/ atualização** | **Data** | **Revisão** |
| Lançamento do documento. | 18/11/2023 | 01 |
|  |  |  |
|  |  |  |

# Visão de Produto

A segurança das pessoas é uma prioridade em qualquer sistema produtivo e se por um lado a introdução da robótica veio permitir protegê-las da exposição a agentes químicos, radiação ou outras situações que são altamente prejudiciais para a saúde humana, por outro lado estes elementos vieram-se a revelar extremamente perigosos também. Sendo os principais perigos resultantes das elevadas velocidades de operação e força com que os robôs industriais operam, por outro lado a distração humana ou incapacidade de compreender o risco leva a que muitas pessoas tenham comportamentos que levaram a acidentes com estes elementos, causando lesões graves e morte. As “gaiolas” são a solução mais utilizada garantindo que as pessoas ficam do lado de fora e que qualquer intrusão leva à paragem imediata dos robôs no seu interior.

Este isolamento dos robôs em “gaiolas” tem limitado o potencial dos mesmos como ferramenta auxiliar dos humanos em tarefas que poderiam tirar vantagem da colaboração H-R. Isto levou ao desenvolvimento de robôs chamados colaborativos que na realidade têm características físicas e mecânicas que os tornam pouco susceptíveis a provocar ferimentos graves ou morte de pessoas no caso de acidentes.

Esta característica deve-se essencialmente a limitações na velocidade e na força (ou no torque) que os mesmos podem atingir em cada elemento da sua estrutura. No entanto a colocação de uma ferramenta específica na sua extremidade pode alterar completamente o perigo que “esta máquina composta” pode representar para alguém na sua proximidade.

Para evitar o uso das gaiolas, anteriormente referidas, mas ainda assim criar zonas de segurança onde as pessoas poderão entrar caso o robô não esteja a efetuar uma tarefa mas que durante a operação do mesmo terão que estar desocupadas, é a prática corrente a colocação de sensores de diversos tipos que forçam a paragem do robô em caso de violação da área interdita. Isto implica, no entanto, que a velocidade de operação do robô seja suficientemente baixa para poder ser parada em tempo útil para evitar um acidente, ou que a área interdita seja suficientemente alargada para que o processo de paragem possa ser efetuado. Enquanto o primeiro caso continua a ser limitativo em termos de produção, o segundo pode-se mostrar difícil de concretizar uma vez que pode requerer a interdição duma área demasiado grande e não disponível na instalação fabril.

Assim, dotar os robôs ou sistemas produtivos com capacidade de não só detetar a proximidade ou aproximação de pessoas, bem como o seu comportamento poderá ser uma mais-valia para a capacidade produtiva fornecendo a capacidade do sistema se adaptar, sem necessariamente ter de parar abruptamente, garantindo a segurança e evitando a ocorrência de acidentes.

# Módulos de suporte à interação com humanos

No contexto do acima descrito as funcionalidades que aqui se descrevem, pretende-se que contribuam para a criação do suporte necessário para dotar as instalações com robôs colaborativos mais amigáveis para as pessoas cujas atividades se desenvolvem na vizinhança destes equipamentos por um lado e por outro lado desbridá-los sempre que possível de forma a poder tirar o máximo partido dos mesmos.

Uma imagem com texto, diagrama, esboço, desenho

Descrição gerada automaticamente

Na figura acima apresenta-se, duma forma simplificada, o conceito que se pretende desenvolver. O objetivo é de dotar os sistemas robóticos da capacidade de não só prestar atenção à presença e movimentos de pessoas, mas também estimar a consciência destas acerca da presença ou aproximação do robô. Esse estado de consciência será estimado a partir da informação de contacto visual e de quanto tempo decorreu desde que o mesmo foi estabelecido. Considera-se que o ambiente industrial é tipicamente suficientemente barulhento para mascarar quaisquer ruídos produzidos pelo robô em funcionamento e assim afetar a tomada de consciência pelas pessoas das atividades dos robôs. Por outro lado, o estabelecimento de contacto visual pode ser considerado um indicador de que a pessoa tomou consciência da presença do robô, mas que esse estado de consciência poderá ser afetado pelas atividades que a pessoa possa estar a executar e assim decrescer de forma mais ou menos rápida com o tempo.

Partindo destes pressupostos, pretendemos criar o suporte necessário para dotar os robôs da capacidade de estimar se deve reduzir ou não a sua velocidade de funcionamento mesmo ainda de uma pessoa entrar na zona de segurança onde a sua operação deverá cessar, com vista à prevenção de qualquer acidente.

Considerando que em vez duma abordagem monolítica criando um único módulo com uma funcionalidade específica cuja compatibilidade com evoluções futuras seria mais difícil de manter, optou-se por definir um conjunto de submódulos que em conjunto fornecerão um serviço, mas podendo também ser utilizados de forma independente desde que respeitando as interfaces de cada um. Assim, e embora seja possível que estes venham a aumentar em número ou evoluírem em termos de funcionalidades, os submódulos propostos nesta fase são:

* Deteção e estimação da localização de pessoas em zona de interesse.
* Deteção de estabelecimento de contacto visual com o robô por parte das pessoas na vizinhança deste.
* Estimação do nível de perigo com base na localização de pessoas na vizinhança do robô e estado de consciência das mesmas relativamente à presença/aproximação do robô.

## Submódulos

### “Submódulo peopleTracker”

|  |
| --- |
| Este submódulo consiste na fusão de um detetor de pessoas baseado em Redes Neuronais Convolucionais, ou noutra solução que se mostre mais eficaz, com um estimador Bayesiano como sejam o EKF, o UKF ou o PF. Este receberá o fluxo de imagens (e eventualmente outros dados sensoriais como por exemplo a distância), através das quais fará a estimação da localização das pessoas no plano imagem e sempre que possível no plano do solo para o calculo da posição relativa ao robô em operação. |

### “Submódulo eyeContact”

|  |
| --- |
| A estimação da direção do olhar, apesar de ser facilmente obtida através de “eye trackers” colocados na cabeça do utilizador, é muito difícil de obter para distâncias superiores a algumas dezenas de centímetros, uma vez que a representação dos olhos e em particular da íris rapidamente se reduz a poucos pixéis nas imagens, tornando impossível a estimação por métodos convencionais. Assim, este submódulo consistirá numa rede neuronal convolucional desenhada e treinada explicitamente para o objetivo de detetar os momentos em que cada utilizador estabelece contacto visual com o robô. Recebendo além do fluxo de imagens, irá também receber a informação de quais as localizações de cada pessoa detetada pelo submódulo a montante.  Como saída irá fornecer para cada uma das pessoas há quanto tempo foi detetado um contacto visual. |

### “Submódulo dangerLevel”

|  |
| --- |
| Este módulo, recebendo a informação dos módulos anteriores, irá produzir uma saída indicando o nível de perigo em cada instante. Esse nível de perigo será definido com base na parametrização de zonas distintas e do nível de consciência de cada pessoa detetada e sua presença em cada uma das zonas predefinidas. |

## API proposta para conexão ao “módulo RRS”

|  |
| --- |
| A definir com a empresa. Poderá ser com base em plugins com uma interface bem definida ou outro. |