

## Protótipo de baixo custo para implementar HRI em Robô Social baseado em Raspberry Pi

Leonardo Parra Melati, Lucas Heije M. Miura, Carlos José Steninger,  
Renato Mendes Teixeira, Marilza Antunes de Lemos

*Departamento de Engenharia de Controle e Automação  
Instituto de Ciência e Tecnologia – UNESP, Sorocaba, SP, Brasil  
(l.melati@unesp.br, lucas.heiji@unesp.br, cjsteninger@unesp.br)  
(renato.mendes@unesp.br, marilza.lemos@unesp.br)*

---

**Abstract:** The success of research in the field of Artificial Intelligence has expanded the application possibilities of Service Robots. Among them, Social Robotics, which includes applications for the elderly, people with disabilities and other areas useful to society. A study indicated that the elderly dependency ratio in Europe would double from 28.4% in 2010 to 58.5% in 2060. Availability of smart home systems at reasonable costs for people with disabilities, may still depend on their adoption by the non-disabled population. This work presents the development of a low-cost Human-Robot Interaction system, based on Raspberry Pi. The system was initially tested with a simple interaction protocol for a small social robot under construction, obtaining good results in terms of object detection accuracy. Dialog processing speed can be improved and at the end of this study some ways to achieve this goal were identified.

**Resumo:** O sucesso das pesquisas no campo da Inteligência Artificial alavancou as possibilidades de aplicação dos Robôs de Serviços. Dentre elas, a Robótica Social, que inclui aplicações para idosos e pessoas com alguma deficiência e outras áreas úteis à sociedade. Um estudo indicou que o índice de dependência de idosos na Europa dobraria de 28,4% em 2010 para 58,5% em 2060. A disponibilidade de sistemas domésticos inteligentes a custos razoáveis para pessoas com deficiência, pode depender ainda de sua adoção pela população sem deficiência. Neste trabalho apresenta-se o desenvolvimento de um sistema de Interação Humano-Robô de baixo custo, baseado em Raspberry Pi. O sistema foi inicialmente testado com um protocolo simples de interação para um pequeno robô social em construção, obtendo-se bons resultados em termos de precisão na detecção de objetos. A velocidade de processamento do diálogo pode ser melhorada e ao fim deste estudo foram identificados alguns caminhos para alcançar esse objetivo.

**Keywords:** Service Robot, Human-Robot Interaction, Robotic Perception, Computational Vision, ImageAI, Raspberry Pi.

**Palavras-chaves:** Robô de Serviços, Interação Humano-Robô, Percepção Robótica, Visão Computacional, ImageAI, Raspberry Pi.

---

### 1. INTRODUÇÃO

O sucesso das pesquisas no campo da Inteligência Artificial e em Robótica Móvel tem alavancado as possibilidades de aplicação dos Robôs de Serviços, os quais já se encontram em diversas áreas da sociedade, incluindo: robôs domésticos, robôs assistentes de laboratório, robôs assistivos para grupos especiais de pessoas; recepcionistas robóticos, assistentes educacionais robóticos, robôs de shopping centers, robôs de museu, robôs dançarinos, robôs sociais que servem bebidas ou preparam alimentos, entre outros.

A ISO (*International Organization for Standardization*) 8373:2012 define como robô “um mecanismo acionado programável em 2 ou mais eixos, com um grau de autonomia, capaz de se mover dentro de seu ambiente e realizar tarefas pretendidas.” Analogamente, define robôs de serviços como

robôs que realizam tarefas úteis para humanos ou equipamentos, excluindo-se aplicações de automação industrial.

Robôs de serviços podem imitar comportamentos humanos para fornecer, de forma autônoma ou semi-autônoma, serviços a humanos (Federação Internacional de Robótica 2016). Essa classe de robôs é usada para automatizar atividades que se caracterizam por um ou mais aspectos como: tarefas repetitivas, tarefas complexas, tarefas perigosas, tarefas demoradas (Calderone, 2019). O estudo de robôs capazes de interagir e se comunicar entre si, com humanos e com o meio ambiente, dentro da estrutura social e cultural tem sido denominado de Robótica Social (Luperto et al., 2022). Pieskã (2012) realizou um estudo que indicou que o índice de

dependência de idosos na Europa dobraria de 28,4% em 2010 para 58,5% em 2060. Visando lidar com o problema de superpopulação idosa, o autor propôs a implementação de robôs de serviços para auxiliar o cuidado de idosos em seus domicílios, bem como auxiliar cuidadores de idosos em locais públicos como asilos e hospitais.

Um estudo de campo realizado por Pripfl (2016) propôs o HOBBIT, um robô de serviço social de baixo custo, capaz de reduzir o risco de quedas, detectar quedas e lidar com emergências em domicílios. Testes em domicílios de idosos, por um período de três semanas, atendeu as necessidades destes, porém falhou em transmitir maior segurança ao usuário, seja por falta de robustez tecnológica, desempenho lento do protótipo ou boas condições de saúde dos usuários.

Johnson (2014) projetou o sistema KSERA (*Knowledgeable Service Robots for Aging*), o qual integra tecnologias de casa inteligente e robôs assistivos sociais para propiciar maior autonomia ao idoso. Ele destaca que o sucesso de robôs assistivos sociais se deve a tecnologias tais como: habilidade de auto-localização e localização de pessoas, navegação consciente, reconhecimento e geração de fala, gestos robóticos, emoções emuladas, contato visual e comunicação de áudio e vídeo com membros da família e cuidadores.

Como pode ser visto, robôs sociais envolvem várias sub-áreas de tecnologia e pesquisa, onde Interação é a chave para todas essas possibilidades. *Human-Robot Interaction* (HRI) se refere ao campo destinado ao estudo das interações entre o ser humano e os robôs. A ISO 8373:2012 define HRI como a “troca de informação e ações entre o ser humano e o robô, para realizar uma tarefa, através de uma interface de usuário”. Trata-se de um campo multidisciplinar que integra conceitos e conhecimentos de diversas áreas, tais como Robótica, Design, Psicologia e Inteligência Artificial.

Todo esse panorama tecnológico resulta no alto custo dessa classe de robôs. Mais ainda quando pensado para uso exclusivo em residências para assistir pessoas com algum grau de limitação ou deficiência. A disponibilidade de sistemas domésticos inteligentes a custos razoáveis para essa classe de usuários pode depender ainda de sua adoção pela população em geral (Hersh, 2015). Um caminho seria o desenvolvimento de robôs de serviços de baixo custo, o que se configura um desafio devido a toda exigência tecnológica necessária. O foco deste artigo é contribuir para a pesquisa em HRI para robôs domésticos assistivos, propondo um sistema de baixo custo que utiliza ferramentas *open-source* gratuitas, porém que dispõem de tecnologias atuais como aprendizado de máquina para reconhecimento de objetos, bem como hardware customizado constituído de uma webcam e placa Raspberry Pi. O sistema foi inicialmente testado com um protocolo simples de interação proposto para um pequeno robô de serviços.

## 2. ROBÓTICA ASSISTIVA

Tecnologia Assistiva é um termo recente, cuja definição pela lei nº 13.146/2015 é: “produtos, equipamentos, dispositivos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivem promover a funcionalidade, relacionada à atividade e à participação da pessoa com deficiência ou com mobilidade

reduzida, visando à sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social”.

A robótica assistiva busca auxiliar o cotidiano de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida, auxiliando no monitoramento da saúde e segurança deste grupo. De acordo com um relatório da empresa *Reports and Data*, lançado em Outubro de 2021, estima-se que o mercado de robótica assistiva aumente a uma taxa de crescimento anual composta de 20,1% e atinja, até 2028, um valor de US\$25.16 bilhões.

O Departamento Estatístico da *International Federation of Robotics* (IFR) realiza uma pesquisa anual sobre vendas de robótica de serviço, retratada na figura 1. Esta pesquisa analisa dados de anos recentes e indica um potencial de desenvolvimento de diversos campos de robôs de serviços para o ano de 2023. A figura 1 indica maior potencial de uso de robôs de serviço em áreas médicas e de logística.

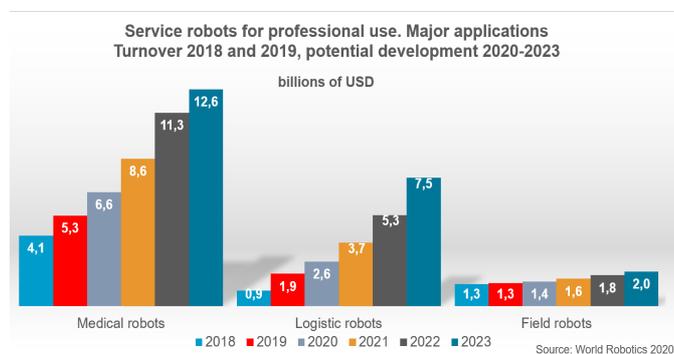


Figura 1: Gráfico de robôs de serviço para uso profissional.

Fonte: IFR (2016)

No Brasil, após a realização do Censo 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), constatou-se que 45 milhões de brasileiros declararam ter algum grau de dificuldade em pelo menos uma das habilidades investigadas pelo censo (enxergar, ouvir, caminhar ou subir degraus) ou possuir deficiência mental/intelectual, representando aproximadamente 24% da população (Figura 2). Ademais, os idosos representavam 8,6% da população avaliada pelo censo. Logo, estima-se que aproximadamente um quarto da população brasileira se encontre em um grupo de pessoas com dificuldades de locomoção.



Figura 2: Censo 2010 – Deficientes no Brasil

Fonte: Site Globo, Junho 2017.

A Secretaria de Estado dos Direitos da Pessoa com Deficiência (SEDPcD-SP) lançou em 24 de Março de 2021 uma cartilha intitulada “Envelhecer é para todos: direitos da população idosa”. Ela aponta que a população idosa representa o grupo que mais cresce no país, a uma taxa de 4%, de acordo com o Censo Demográfico 2010. Chama atenção também ao fato que as projeções populacionais do IBGE indicam que até 2031 o número de idosos no país irá superar o número de crianças e adolescentes (42,3 milhões).

A lei 13.146/2015 indica, em seu artigo nº1, que busca assegurar e promover, em condições de igualdade, o exercício dos direitos e das liberdades fundamentais por pessoa com deficiência, visando à sua inclusão social e cidadania. Além disso, em seu artigo nº5, ela ainda afirma que crianças, adolescentes, mulheres e idosos com deficiência são considerados especialmente vulneráveis.

Segundo o Relatório nº 52 da Comissão Nacional de Incorporação de Tecnologias no SUS (CONITEC) do Ministério da Saúde, pessoas com deficiência física e mobilidade reduzida necessitam de equipamentos para auxiliar nas suas Atividades de Vida Diária (AVD), sendo assim, equipamentos assistivos, que se tornaram imprescindíveis para garantir a segurança, o conforto, a autonomia e a qualidade de vida do usuário.

### 3. INTERAÇÃO HUMANO-ROBÔ

O desafio da HRI está no fato de que uma verdadeira interação entre dois agentes requer que cada um seja capaz de perceber o outro, antecipar as suas ações e agir de forma complementar, para assegurar uma ação conjunta e prevenir movimentos conflitantes (Souza, 2021). Em pesquisa realizada em pacientes com Alzheimer em fases iniciais de demência, a equipe médica identificou o nível de prioridade relacionado à interação humano-robô (Korchut et al., 2017). O resultado mostrou que, para essa classe de pessoas, os sistemas devem ser operados por comandos de voz e o robô deve ser capaz de responder perguntas simples.

Nocentini et al. (2019) publicou pesquisa sobre mais de cinquenta trabalhos, selecionados entre mais de quatro mil, sobre modelos comportamentais para robôs sociais. O objetivo do trabalho foi analisar o estado da arte e fornecer um panorama sobre arquiteturas cognitivas, adaptação comportamental e empatia em robôs sociais. O trabalho aponta como um aspecto crucial na HRI a capacidade do robô entender as intenções e emoções dos usuários usando pistas sociais (ou seja, postura e movimentos corporais, expressão facial, orientação da cabeça e do olhar e qualidade da voz). Os sensores desempenham um papel fundamental porque são usados para detectar essas pistas, que são processadas no modelo do robô. O robô deve possuir um sistema multissensorial para adquirir diferentes tipos de sinais. Para atingir esse objetivo, microfones, sensores de visão 2D e 3D, câmeras térmicas, movimento de salto e rastreadores de rosto podem ser coletados para criar um sistema que forneça uma cobertura completa para sensoriamento pelo robô.

Os autores apontam ainda que as preferências e o conhecimento das pessoas mudam ao longo do tempo e um

bom sistema deve ser capaz de se adaptar em tempo real a essas mudanças e deve ser capaz de aprender com o usuário. Para alcançar esta última competência, métodos avançados baseados em Aprendizado de Máquina (*Machine Learning*) devem ser usados para satisfazer as necessidades do usuário, enquanto aumentam o desempenho do robô. Um esforço que pode ser interessante para estudar mais profundamente é a possibilidade do robô alcançar habilidades complexas aprendidas com o usuário (ou seja, para limpar uma mesa). Consistência comportamental, previsibilidade e repetibilidade devem ser investigadas, pois são requisitos fundamentais no projeto de robôs socialmente assistidos em diferentes contextos, como para crianças com autismo.

A pesquisa ressalta ainda que o robô pode ser apropriado não apenas no contexto para o qual foi originalmente concebido (ou seja, residência particular, hospital e instalação residencial), mas também para pessoas com diferentes níveis de habilidades residuais. Em outras palavras, o robô deve ser capaz de se adaptar à variabilidade e aos diferentes contextos culturais e sociais. Finalmente, destacam que um modelo de robô deve ter uma arquitetura em nuvem para ter a capacidade de descarregar tarefas intensivas para a nuvem, acessar uma grande quantidade de dados e conhecimento compartilhado.

### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema de interação descrito neste artigo foi desenvolvido no contexto da construção de um robô móvel de serviços denominado INU (*Integrated Navigation Unit*).

#### 4.1 Arquitetura INU

INU foi idealizado com arquitetura distribuída entre três sistemas microprocessados: Raspberry Pi 4 Modelo B com S.O. Raspbian Buster, Esp32 e Arduino Mega. Para a recepção de estímulos externos, foram acoplados ao robô sensores ultrassônicos, sensores infravermelhos e webcam com microfone. Para interação com os usuários, foram ainda integrados um display TFT e auto-falantes. Além dos periféricos, um chassis foi projetado para acomodar todo o aparato e rodas a fim de garantir a mobilidade. Nessa arquitetura, ao Arduino Mega foi atribuído o controle do sensoriamento, ao Esp32 foi atribuído o controle dos motores e ao Raspberry a HRI.

O fluxograma da Figura 3 apresenta os processos principais e o fluxo de informações entre os componentes do robô. As letras nos símbolos do fluxograma indicam o processador envolvido na atividade: A para Arduino, E para Esp32 e R para Raspberry. A aplicação de detecção de obstáculos é executada no Arduino, que ao detectar um obstáculo: (i) interrompe o ESP32 via interrupção externa, parando o robô, (ii) calcula a estratégia de movimentação para desvio do obstáculo e (iii) envia o código da estratégia ao microcontrolador ESP32, que aguarda ainda a resposta do Raspberry para dar sequência ao processo Movimentação.

O processo de interação, executado no Raspberry, é iniciado quando o Arduino detecta um obstáculo. Ocorre, então, a aquisição da imagem pela webcam acoplada ao Raspberry, seguido do processamento da imagem e sua comparação com

imagens de humanos. Se negativo, a aplicação no Raspberry informa ao Esp32, que prossegue com a navegação do robô aplicando a estratégia de desvio do obstáculo. Se positivo, o processo de interação humano-robô é continuado com o robô parado. Ao término da interação, um sinal do Raspberry é enviado ao Esp32 para este prosseguir com a navegação do robô.

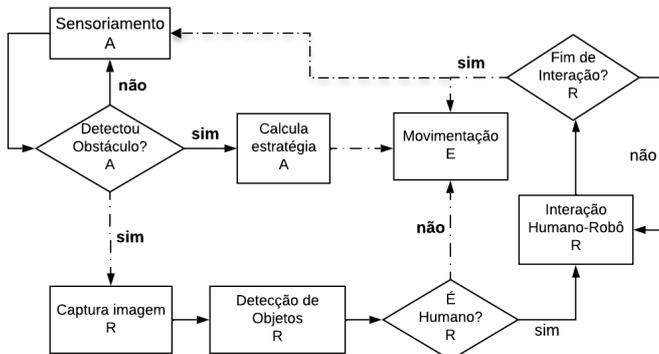


Figura 3: Processos em INU

Para maior clareza do sistema, a figura 4 apresenta o diagrama de atividades alocadas em cada processador com um pouco mais de detalhes devido aos recursos permitidos pela linguagem UML (*Unified Modeling Language*) (Guedes, 2011). No diagrama de atividades o bloco composto representa estado e ação sendo realizada, o bloco com símbolo gráfico à esquerda representa uma atividade (ação) e o bloco simples representa um objeto.

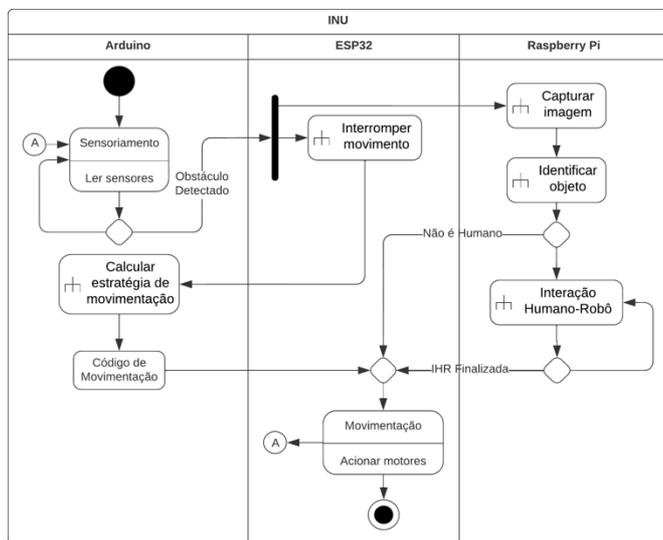


Figura 4: Diagrama de Atividades em INU

A figura 5 apresenta fases da implementação do primeiro protótipo do robô INU que teve primordialmente a intenção de ser um robô de serviços para transporte de documentos no corredor administrativo do campus. Não é intenção neste artigo descrever esse projeto completo, porém ressalta-se a construção de três placas de conexão para acomodar as placas microprocessadas, no nível intermediário da estrutura. Abaixo,

acomodam-se motores e baterias. Acima, há o suporte para documentos. A estrutura foi projetada, cortada a laser em MDF e algumas partes impressas em 3D.



Figura 5 - Projeto INU

#### 4.2 Metodologia para Reconhecimento de Humanos

O método utilizado neste trabalho baseia-se no algoritmo de detecção de objetos da biblioteca ImageAI, que faz uso da classe *ObjectDetection* (Olafenwa & Olafenwa, 2019). A detecção de objetos refere-se à capacidade de localizar objetos em uma imagem/cena e identificar cada objeto.

ImageAI é uma biblioteca Python de Visão Computacional que permite integração de recursos de Inteligência Artificial para executar tarefas de visão computacional em aplicações, com significativa facilidade. Métodos de Aprendizado de Máquina estão embutidos na biblioteca, particularmente *Deep Learning* e métodos de Visão Computacional (Olafenwa & Olafenwa, 2021). Para treinamento, ImageAI utiliza o banco de dados ImageNet (Deng et al., 2009), um banco de dados de imagens organizado em grafos, em que cada nó é representado por milhares de imagens.

A classe *ObjectDetection* fornece a função para realizar a detecção de objetos em qualquer imagem, usando modelos pré-treinados no conjunto de dados COCO (Lin et al., 2014). Os modelos suportados são RetinaNet, YOLOv3 e TinyYOLOv3. Uma vez que neste trabalho a necessidade consistiu em identificar se o obstáculo era uma pessoa (e não quem), o modelo RetinaNet (Lin et al., 2017) foi utilizado. RetinaNet é uma rede neural convolucional, que realiza a tarefa de detecção de objetos em uma arquitetura de um estágio. Essa classe de detectores privilegia a velocidade de computação em vez da precisão. No entanto, trabalhos recentes em detectores de um estágio demonstraram resultados comparáveis aos métodos de dois estágios de última geração (Prete et al., 2021).

A tabela 1 apresenta o pseudocódigo do processo de detecção de objetos. Quando o robô detecta um obstáculo, o algoritmo de detecção de objetos é iniciado, a câmera é ativada e uma imagem é capturada. Como já mencionado, a biblioteca ImageAI em conjunto com o modelo RetinaNet são executados e o algoritmo devolve os objetos detectados e a porcentagem de possibilidade de acertos. Um objeto com 50% de possibilidade ou mais de ser um humano, garante a chamada da rotina de interação com humanos, no INU.

```
#Rotina Reconhecimento de Humanos ()
Executa tirafoto de um arquivo Bash
Define a classe da detecção de objetos
Carrega dados de referência de RetinaNet
Executa Detecção_Objetos ()
FOR EACH Objeto in detections:
    Calcula probabilidade
    Exporta objeto e probabilidade
Obtem objeto de maior probabilidade
IF objeto > 50% pessoa
    Executa Rotina de Interação ()
END
```

Tabela 1. Rotina Reconhecimento de Humanos

Para testar o módulo implementado foram apresentadas imagens obtidas da Internet e imagens captadas pela webcam, com resultados discutidos adiante (seção 5).

#### 4.3 Teste de Interação

Um teste simples de interação por voz foi implementado em Python e executado a fim de garantir que a integração dos processos que compõem a HRI estava funcional. Segue o protocolo utilizado:

- Robô se apresenta ao usuário
- Ambos se cumprimentam
- Usuário pergunta a localização
- Robô responde a cidade onde estão
- Usuário pergunta sobre o clima
- Robô responde sobre o clima na cidade
- Usuário se despede do robô
- Robô se despede do usuário

A figura 6 apresenta os passos da interação representados no diagrama de sequência UML.

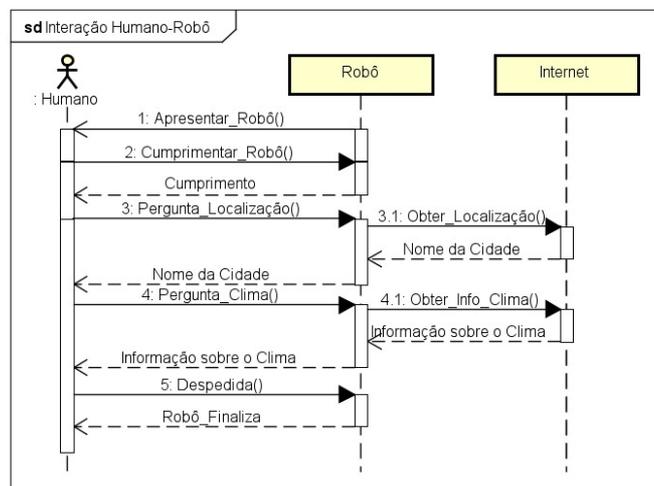


Figura 6: Modelo de Interação Humano-Robô

Na aplicação, as informações do clima são obtidas pelo Openweathermap, um serviço online que fornece dados meteorológicos globais via API. Para reproduzir as informações ao usuário, foi utilizada a biblioteca Python gTTS (Google Text-to-Speech), para fazer interface com a API de conversão de texto em fala do Google Tradutor. Para realização de reconhecimento de fala do usuário pelo robô, foi utilizada a biblioteca Python speechRecognition.

A rotina que implementa a interação humano-robô é iniciada assim que o humano é identificado. Reproduz, então, um áudio com a mensagem “Olá, sou o robô INU”. Assim que o humano fala a frase do protocolo, o robô processa o sinal de áudio obtido através do microfone e responde ao humano de acordo com o protocolo previamente conhecido. Realiza a busca de dados sobre a localização e o clima, por meio de APIs e funções Python. Caso o robô não entenda o humano, o robô reproduz um áudio com a mensagem “não entendi”. Quando o humano se despede do robô, este reproduz um áudio de despedida e a rotina de interação com humano é encerrada. Ressalta-se que nesse instante o microcontrolador Esp32 recebe informação do Raspberry para girar e reiniciar navegação.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os testes para a rotina Reconhecimento de Humanos foram de três tipos, segundo a imagem utilizada como entrada: 1) figura contendo um humano e alguns objetos; 2) figura contendo vários humanos e animais; 3) imagem capturada com a câmera Webcam HD 2300 por meio de comando no terminal Linux; 4) imagem capturada automaticamente pelo sistema integrado. No teste 1, a figura consistia em uma pessoa segurando uma caneca e dois vasinhos com plantas decoravam a cena. A tabela 2 apresenta o resultado obtido. No teste 2 a figura era composta com os dragões da independência, uma imagem contendo pessoas montadas em cavalos. A tabela 3 apresenta a probabilidade resultante de acertos.

Tabela 2. Resultados do teste-1

Objeto	Resultado	Probabilidade de acerto (%)
vaso	vaso	61,64
caneca	caneca	98,05
pessoa	pessoa	99,94

Tabela 3. Resultados do teste-2

Objeto	Resultado	Probabilidade de acerto (%)
cavalo	cavalo	52,50
cavalo	cavalo	61,88
cavalo	vaca	50,04
cavalo	vaca	54,08
cavalo	cavalo	53,11
pessoa	pessoa	58,81
pessoa	pessoa	51,77
pessoa	pessoa	63,18
cavalo	cavalo	66,68
pessoa	pessoa	79,11
pessoa	pessoa	71,19
cavalo	cavalo	63,59
cavalo	cavalo	60,80
cavalo	cavalo	86,60

Como pode ser observado nas tabelas 2 e 3, o algoritmo apresentou bons resultados para identificar pessoas, sendo todos eles com probabilidade de acerto de mais de 50%. Para reconhecimento de animais, o algoritmo foi capaz de reconhecer na maioria dos casos, mas apresentou erros em dois testes, ao identificar vacas quando os animais corretos eram cavalos.

O teste 3 contou com a participação de vinte pessoas diferentes, gerando cerca de 20 testes distintos. Um dos testes pode ser visto na figura 7, onde o sistema conseguiu detectar corretamente a presença de dois humanos com probabilidade de mais de 96%. Os demais testes alcançaram também essa probabilidade ou superior. O teste 4 apresentou resultados similares ao obtido no teste 3.

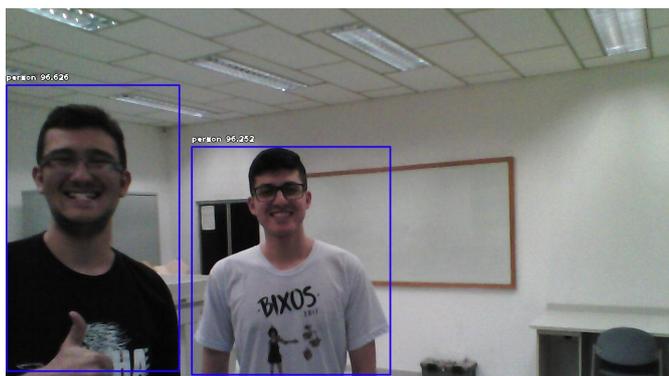


Figura 7: Imagem capturada para o teste-3

Fonte: Autoria própria.

Em termos de velocidade de resposta, observou-se que em alguns testes o processo de detecção de pessoas tornou-se mais lento, em torno de 60s. Não foi estabelecido limite menor que o padrão da ferramenta para a tarefa de detecção.

Os resultados dos testes de interação variaram de acordo com a clareza da fala do usuário e ruído do ambiente. A tabela 4 apresenta o grau de sucesso de reconhecimento da fala do usuário pelo robô em função da distância entre os dois.

Tabela 4. Resposta do sistema para reconhecimento de fala

Distância do microfone (cm)	Reconhecimento
5	Não ocorreu
8	Parcial
10	Parcial
12	Parcial
15	Correto
20	Correto
30	Parcial
50	Parcial

Os testes mostram que a melhor distância entre robô (microfone) e usuário está dentro da faixa 15 a 20 cm. Distâncias mais próximas captam ruídos de vento gerados com a própria fala e dificulta a interpretação do áudio pelo sistema. Distâncias maiores possuem interferências maiores de outros sons do ambiente, ocorrendo o reconhecimento parcial ou até mesmo o não reconhecimento total.

## 6. CONCLUSÕES

O projeto permitiu validar a utilização do hardware Raspberry Pi para realizar reconhecimento e interação com humanos. Para robôs de serviços de baixo custo, a execução de módulos que envolvem visão computacional e/ou uso de técnicas de Aprendizado de Máquina pode ser um problema. A experiência neste projeto indicou algumas limitações no que tange ao desempenho do sistema. O processo de detecção de pessoas tornou-se mais lento em alguns testes. Uma possibilidade para melhorar a capacidade de processamento seria a substituição do sistema operacional do Raspberry. Um exemplo de sistema operacional desenvolvido para Raspberry Pi e otimizado para a detecção de objetos é o Shunya OS, que também possui diversas ferramentas de integração com IoT (Prajakta, 2020). Ressalta-se ainda que foi utilizado o modelo de placa Raspberry Pi 4 B, porém já foi lançada uma versão acima com diferença de aproximadamente vinte dólares e com maior capacidade de processamento.

Outro ponto a ser explorado em trabalho futuro diz respeito aos modelos de Aprendizado de Máquina disponíveis para a biblioteca ImageAI. O RetinaNet tem alto desempenho e precisão, com maior tempo de detecção. Sugere-se novos testes utilizando o modelo YOLOv3 que tem desempenho e precisão moderados, com tempo de detecção moderado ou ainda o modelo TinyYOLOv3 que é otimizado para velocidade e desempenho moderado, com tempo de detecção rápido.

Além disso, a biblioteca ImageAI atualmente fornece velocidades de detecção configuráveis para todas as tarefas de detecção de objetos, mantendo bons resultados, segundo seus desenvolvedores. Desta forma, uma série de experiências pode ser realizada para melhorar o desempenho do sistema descrito neste artigo, mantendo o baixo custo na implementação de robôs de serviços.

Uma vez finalizada a integração da arquitetura de reconhecimento e interação com humanos, a equipe pretende avançar na pesquisa e implementação de diálogos inteligentes e direcionados a públicos específicos.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pela agência brasileira de pesquisa CNPq, o terceiro autor é financiado por bolsa processo nº 401859/2021-5, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

## REFERÊNCIAS

Brasil. Lei nº 13.146, de 6 de Julho de 2015. Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/lei/113146.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113146.htm)>.

Censo Demográfico 2010: Características Gerais da População, Religião e Deficiência. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2010/inicial>>.

- Freitas, M. N.; Martins, T.P. Envelhecer é para todos: direitos da população com deficiência idosa. Secretaria da Pessoa com Deficiência, Governo do Estado de São Paulo, 2020. Disponível em: [https://www.pessoacomdeficiencia.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/09/Cartilha\\_EnvelhecerEPara Todos.pdf](https://www.pessoacomdeficiencia.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/09/Cartilha_EnvelhecerEPara Todos.pdf)
- Guedes, G.T.A. UML2: Uma abordagem prática. 2ª Edição. Novatec, 2011.
- Hersh M. Overcoming Barriers and Increasing Independence – Service Robots for Elderly and Disabled People. *International Journal of Advanced Robotic Systems*. August 2015. doi:10.5772/59230
- IFR. Service Robots. International Federation of Robotics. 2016. Disponível em < <https://ifr.org/service-robots>>
- ISO 8373:2012. Robots and Robotic devices – Vocabulary. Disponível em: < <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8373:ed-2:v1:en>>.
- J. Deng, W. Dong, R. Socher, L.-J. Li, K. Li and L. Fei-Fei, ImageNet: A Large-Scale Hierarchical Image Database. *IEEE Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2009.
- Johnson, D.O., Cuijpers, R.H., Juola, J.F. et al. Socially Assistive Robots: A Comprehensive Approach to Extending Independent Living. *Int J of Soc Robotics* 6, 195–211, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12369-013-0217-8>.
- Korchut A, Szklener S, Abdelnour C, Tantinya N, Hernández-Farigola J, Ribes JC, Skrobas U, Grabowska-Aleksandrowicz K, Szczęśniak-Stańczyk D and Rejdak K. Challenges for Service Robots—Requirements of Elderly Adults with Cognitive Impairments. *Front. Neurol.* 8:228, 2017. DOI: 10.3389/fneur.2017.00228.
- Lin, TY. *et al.* Microsoft COCO: Common Objects in Context. In: Fleet, D., Pajdla, T., Schiele, B., Tuytelaars, T. (eds) *Computer Vision – ECCV 2014. Lecture Notes in Computer Science*, vol 8693. Springer, Cham. 2014. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-10602-1\\_48](https://doi.org/10.1007/978-3-319-10602-1_48)
- Lin, T. Y., Goyal, P., Girshick, R., He, K., & Dollár, P. Focal loss for dense object detection. In *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision*, 2017, pp.2980-2988. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1708.02002>
- Luperto, M., Monroy, J., Renoux, J. et al. Integrating Social Assistive Robots, IoT, Virtual Communities and Smart Objects to Assist at-Home Independently Living Elders: the MoveCare Project. *International Journal of Soc Robotics*. 2022. Obtido em: <https://doi.org/10.1007/s12369-021-00843-0>
- Nocentini, O.; Fiorini, L.; Acerbi, G.; Sorrentino, A.; Mancioffi, G.; Cavallo, F. A Survey of Behavioral Models for Social Robots. *Robotics*, 8(3), 54, 2019. <https://doi.org/10.3390/robotics8030054>.
- Olafenwa, Moses & Olafenwa, John. ImageAI Documentation. Release 2.1.6. 2021.
- Olafenwa, Moses & Olafenwa, John. Object Detection with 10 lines of code. *Towards Data Science*, Obtido em: <https://towardsdatascience.com/object-detection-with-10-lines-of-code-d6cb4d86f606>. Acesso em 2019
- Olafenwa, Moses & Olafenwa, John. State-of-the-art Recognition and Detection AI with few lines of code. Obtido em: <http://imageai.org/>. Acesso em 2019.
- PIESKÄ, Sakari et al. Social service robots in public and private environments. *Recent Researches in Circuits, Systems, Multimedia and Automatic Control*, p. 190-196, 2012.
- Prajakta, J. “How “Shunya OS” will Help Your Business Grow during the Covid-19 Crises ?”, publicado em setembro 2020. Obtido em: <https://medium.com/aiot0/how-shunya-aiot-will-help-your-business-to-grow-in-covid-19-crises-9576387745c3>. Acesso em maio de 2022.
- Pripfl, J., Körtner, T., Batko-Klein, D. et al. Social service robots to support independent living. *Z Gerontol Geriat* 49, 282–287 (2016).
- R. Del Prete, MD Graziano e A. Renga, "RetinaNet: A deep learning architecture to get a robust wake detector in SAR images," *2021 IEEE 6th International Forum on Research and Technology for Society and Industry (RTSI)* , 2021, pp 171-176, doi: 10.1109/RTSI50628.2021.9597297.
- Reports and Data. Assistive Robotics Market By Type (Physically Assistive Robots, Socially Assistive Robots, Mixed Assistive Robots), By Mobility (Stationary, Mobile), By Application, and By Region Forecast to 2028. Disponível em: <<https://www.reportsanddata.com/report-detail/assistive-robotics-market>>.
- Souza, E. Robótica centrada no humano: Desafios de um futuro próximo (principais conclusões). Disponível em: <<https://ccg.pt/robotica-centrada-no-humano-desafios-de-um-futuro-proximo/>>.