UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

Lucas Borges Castellan

PROPOSTA DE UM ROBÔ ASSISTIVO PARA PESSOAS IDOSAS

Araranguá

2018

Lucas Borges Castellan

PROPOSTA DE UM ROBÔ ASSISTIVO PARA PESSOAS IDOSAS

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Tecnologias da Informação e Comunicação.
Orientador: Prof. Dr. Anderson Luiz Fernandes Perez,
Universidade Federal de Santa Catarina
Coorientadora: Prof. Dr[a] Eliane Pozzebon,
Universidade Federal de Santa Catarina

Araranguá

2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Castellan, Lucas Borges
Proposta de um robô assistivo para pessoas idosas / Lucas Borges Castellan ; orientador, Anderson Luiz Fernandes Perez, coorientadora, Eliane Pozzebon, 2018.
132 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá, Programa de Pós Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação, Araranguá, 2018.

Inclui referências.

1. Tecnologias da Informação e Comunicação. 2. Robótica Assistiva . 3. Tecnologias Assistivas. 4. Idosos. 5. Robô Assistente. I. Perez, Anderson Luiz Fernandes. II. Pozzebon, Eliane. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação. IV. Título.

Lucas Borges Castellan

PROPOSTA DE UM ROBÔ ASSISTIVO PARA PESSOAS IDOSAS

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de "Mestre em Tecnologias da Informação e Comunicação", e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação.

Araranguá, 22 de junho de 2018.

Profª. Andreia Cristina Trierweiller, Drª.
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Anderson Luiz Fernandes Perez, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Profª. Eliane Pozzebon, Dr.ª
Coorientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Fábio Rodrigues de la Rocha, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Giovani Mendonça Lunardi, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.ª Rafaela Silva Moreira, Drª.
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho aos meus pais e a minha filha.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Eloi Castellan e Ivone Borges Castellan, pela criação, educação e pelo oferecimento das condições necessárias para a progressão dos meus estudos. Também deixo um agradecimento muito especial ao meu orientador e amigo Prof. Dr. Anderson Luiz Fernandes Perez, pela excelente orientação concedida e a minha coorientadora Prof. Dr^{a}. Eliane Pozzebon. Ao Laboratório de Automação e Robótica Móvel - LARM, pela estrutura disponibilizada para a realização deste trabalho e a toda equipe do laboratório pela amizade, especialmente aos meus amigos Cristiano Santos Pereira de Abreu, Thiago Raulino Dal Pont, Eduardo Vinicius Hahn e Augusto Scarduelli Prudêncio pela ajuda prestada. Ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação - PPGTIC e a Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Deixo também um agradecimento muito especial para Magali Piva pela amizade, convívio e incentivo na realização deste trabalho, e a minha filha Yasmin Endler Castellan que é minha fonte de inspiração. Agradeço também a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a conclusão deste trabalho.

“Tudo parece impossível até que seja feito”.
(Nelson Mandela)

RESUMO

As tecnologias assistivas vem ganhando destaque nos últimos anos por apresentarem soluções tecnológicas para pessoas com problemas físicos ou mentais, e para pessoas idosas. As Tecnologias Assistivas (TAs) e a robótica estão presentes em diversos produtos que têm o potencial de desempenhar um papel importante na assistência a idosos. Pode-se considerar uma TA qualquer equipamento, produto ou sistema que é usado para aumentar, manter ou melhorar capacidades funcionais das pessoas, desde uma simples bengala até um grande sistema computacional. A partir dessas duas áreas (TA e Robótica), surgiu a Robótica Assistiva (RA), que tem como propósito melhorar as condições de vida das pessoas. Este trabalho propõe um robô assistivo para pessoas idosas. Com o objetivo de avaliar o robô assistivo proposto, foi desenvolvido um protótipo com base em alguns critérios contidos na ISO 13482, uma norma padrão para robôs de serviço. O protótipo desenvolvido é capaz de se locomover pelo ambiente, desviar de obstáculos e transmitir mensagens faladas, alertando o idoso sobre medicamentos que deve ingerir ou atividades que este deve realizar.

Palavras-chave: Robótica Assistiva. Tecnologias Assistivas. Idosos. Robô Assistente.

ABSTRACT

Assistive technologies have been gaining prominence in recent years for presenting technological solutions for people with physical or mental problems and for elderly people. Assistive Technologies (TAs) and robotics are present in several potential products that plays an important role in the care of the elderly. A TA can be considered any equipment, product or system that is used to increase, maintain or improve people's functional capabilities, from a simple cane to a large computer system. From these two areas (TA and Robotics), Assisted Robotics (RA) was born, whose purpose is to improve people's living conditions. This work proposes an assistive robot for the elderly. In order to evaluate the proposed assistive robot, a prototype was developed based on some of the criteria contained in ISO 13482, a standard for service robots. The prototype developed is able to move around the environment, to avoid obstacles and to transmit spoken messages, alerting the elderly about medicines that must ingest or activities that must be done.

Keywords: Assistive Robotics. Assistive Technologies. Seniors. Robot Assistant.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama das etapas a serem realizadas no trabalho.... 30
Figura 2 Exemplo de próteses.... 33
Figura 3 Aplicativo de lente de aumento.... 35
Figura 4 Idoso Recebendo auxílio.... 38
Figura 5 Pato mecânico de Jacques de Vaucanson.... 42
Figura 6 Robô de base fixa.... 45
Figura 7 Robô móvel Pioneer.... 45
Figura 8 Robô aranha com pernas.... 47
Figura 9 Perspectiva populacional.... 50
Figura 10 *Stride Management Assist*.... 51
Figura 11 AWN-03.... 51
Figura 12 PLN-01.... 52
Figura 13 *Power Loader*.... 52
Figura 14 Resyone.... 53
Figura 15 Robobear.... 54
Figura 16 *SoftBank Pepper*.... 54
Figura 17 *Personal Assist Robot- HSR*.... 55
Figura 18 *Care Assist Robot*.... 55
Figura 19 Percentual de idosos no Brasil.... 58
Figura 20 Buddy.... 58
Figura 21 Jibo.... 59
Figura 22 Care-o-bot 4.... 60
Figura 23 Evolução do Dinsow.... 60
Figura 24 ELLI Q.... 61
Figura 25 Miro.... 62
Figura 26 Paro.... 63
Figura 27 Xperia Hello.... 63
Figura 28 Domgy.... 64
Figura 29 Zenbo.... 65
Figura 30 Aido.... 66
Figura 31 Roomba.... 66
Figura 32 Tinbot.... 67

Figura 33 Sistema de locomoção. 70
Figura 34 Uso de sensores. 70
Figura 35 Sistema de controle. 71
Figura 36 Exemplo de interface para um robô assistente. 71
Figura 37 Estrutura do robô assistente proposto. 72
Figura 38 Diagrama de caso de uso do sistema WEB. 72
Figura 39 Diagrama de caso de uso do sistema de interface. 73
Figura 40 Imagem do robô assistente desenvolvido. 74
Figura 41 Placa de controle desenvolvida. 75
Figura 42 Diagrama de funcionamento do sistema de controle. 75
Figura 43 Fluxo de dados entre o sistema e o banco de dados. 76
Figura 44 Tela inicial para login de usuário. 77
Figura 45 Tela de tarefas cadastradas. 77
Figura 46 Tela para cadastrar medicamento. 78
Figura 47 Tela para cadastrar atividade. 78
Figura 48 Tela para cadastrar lembrete. 79
Figura 49 Tela para cadastrar mensagem instantânea. 79
Figura 50 Tela Inicial com lista de tarefas cadastradas. 80
Figura 51 Tela Inicial com opção de filtragem por tipo de tarefas. 80
Figura 52 Interface IHM do robô. 81
Figura 53 Cadastro de mensagens no aplicativo do robô. 81
Figura 54 Configurações do aplicativo. 82
Figura 55 Lista de atividades cadastradas. 82
Figura 56 Avaliação de 100 repetições da função *Cadastrar Medicamentos*. 86
Figura 57 Avaliação de software com 100 repetições da função *Cadastrar Atividades*. 86
Figura 58 Avaliação de software com 100 repetições da função *Cadastrar Lembrete*. 87
Figura 59 Avaliação de software com 100 repetições da função *Fale Agora*. 87
Figura 60 Avaliação de software de controle do robô - intercalação do controle do robô de manual para autônomo. 88
Figura 61 Teste de software de controle do robô - detecção de obstáculos. 88

Figura 62 Avaliação de velocidade do robô manualmente - para frente. 89
Figura 63 Avaliação de aceleração do robô manualmente - para frente. 89
Figura 64 Avaliação de velocidade do robô manualmente - para trás. 90
Figura 65 Avaliação de aceleração do robô manualmente - para trás. 90
Figura 66 Avaliação de velocidade do robô autonomamente - para frente. 91
Figura 67 Avaliação de aceleração do robô autonomamente - para frente. 91
Figura 68 Média de idade dos entrevistados 93
Figura 69 Gênero dos entrevistados 93
Figura 70 Escolaridade dos entrevistados 93
Figura 71 Pergunta 1: você achou fácil de usar a interface do robô? 94
Figura 72 Pergunta 2: você gostou do estilo da interface? 95
Figura 73 Pergunta 3: você já usou alguma interface parecida com esta? 95
Figura 74 Pergunta 4: você achou intuitivo a forma como a interface estava estruturada e conseguiu entender o que era preciso para fazer a atividade solicitada? 96
Figura 75 Pergunta 5 : Se tivesse disponibilidade você usaria uma interface como esta? 96
Figura 76 Pergunta 1: você achou a interface web de fácil utilização? 97
Figura 77 Pergunta 2: você gostou do estilo da interface web? 98
Figura 78 Pergunta 3: você achou intuitivo a forma como a interface estava estruturada e conseguiu entender o que era preciso para fazer a atividade solicitada? 98
Figura 79 Pergunta 4 : Se tivesse disponibilidade você usaria uma interface web como esta? 99
Figura 80 Cognitivo preservado. 100
Figura 81 Nível socioeconômico. 100
Figura 82 Escolaridade. 100
Figura 83 Pergunta 5: Você achou o robô eficiente? 101
Figura 84 Pergunta 6: Você gostaria de ter um robô assistente em

sua casa? 102
Figura 85 PCB parte inferior 130
Figura 86 PCB parte superior 130

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Resultados da avaliação de carga. 83
Tabela 2 Resultados da segunda avaliação de carga. 84
Tabela 3 Resultados da avaliação de *stress*. 84
Tabela 4 Resultados da avaliação de carga de acessos simultâneos. 85
Tabela 5 Resultados da segunda avaliação de carga de acessos simultâneos. 85
Tabela 6 Resultados da avaliação de *stress* com acessos simultâneos. 85

LISTA DE QUADROS

1 Classificação das Tecnologias Assistivas. 37

2 Modelos de Sensores. 44
3 Tipos de Rodas. 48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADA - *American with Disabilities Act*

CC - Corrente Contínua

CSA - Comunicação Aumentativa Suplementar

EUA - Estados Unidos da América

FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos

HTML - *Hypertext Markup Language*

IA - Inteligência Artificial

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDC - *International Data Corporation*

IOT - *Internet of Things*

ISO - *International Organization for Standardization*

LARM - Laboratório de Automação e Robótica Movível

MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

MIT - *Massachusetts Institute of Technology*

ONU - Organização das Nações Unidas

PcD - Pessoas com Deficiência

PNE - Pessoas com Necessidades Especiais

PHP - *Hypertext Preprocessor*

PIR - Sensor Passivo de Infravermelhos

PPGTIC - Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação

PWM - *Pulse Width Modulation*

RA - Robótica Assistiva

RIA - *Robotic Industries Association*

RMAs - Robôs Móveis Autônomos

TA - Tecnologia Assistiva

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

VAIs - Veículos Autônomos Inteligentes

WHO - *World Health Organization*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 27
1.1 OBJETIVOS 28
1.1.1 Objetivo Geral 28
1.1.2 Objetivos Específicos 28
1.2 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA 28
1.3 ADERÊNCIA AO PPGTIC 29
1.4 METODOLOGIA 29
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO 30
2 TECNOLOGIAS ASSISTIVAS 33
2.1 DEFINIÇÃO DE TECNOLOGIAS ASSISTIVAS 33
2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS ASSISTIVAS 35
2.3 TECNOLOGIAS ASSISTIVAS E A POPULAÇÃO IDOSA 38
3 FUNDAMENTOS DA ROBÓTICA 41
3.1 HISTÓRICO DA ROBÓTICA 41
3.2 DEFINIÇÕES DE ROBÓTICA 42
3.2.1 Percepção, Planejamento, Atuação e Controle 43
3.2.1.1 Sensores e Atuadores 43
3.2.2 Tipos de Robôs 44
3.2.3 Robótica Móvel 46
3.3 ROBÓTICA ASSISTIVA 48
3.3.1 A Vida Assistiva 49
3.3.2 Robôs Cuidadores 53
3.3.3 Robôs Pessoais 56
3.3.4 Tendências Atuais 63
4 PROJETO E DESENVOLVIMENTO DO ROBÔ ASSISTENTE 69
4.1 PROJETO DO ROBÔ ASSISTENTE 69
4.2 DESENVOLVIMENTO DO ROBÔ 74
4.3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLE DO ROBÔ 75
4.4 DESCRIÇÃO DO SISTEMA WEB 76
4.5 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE INTERFACE DO ROBÔ 80
5 AVALIAÇÃO DO ROBÔ ASSISTENTE 83
5.1 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO 83
5.1.1 Avaliação de Desempenho 83
5.1.2 Avaliação Funcional 86
5.1.3 Avaliação de Unidade 89
5.1.4 Avaliação de Usabilidade 91

5.1.4.1 Interface 92
5.1.4.2 Resultados da interface do robô 94
Resultados da interface web 97
5.1.4.3 Aceitação 99
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS 103
6.1 PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS..... 104
REFERÊNCIAS 105
APÊNDICE A – Código Fonte do Sistema de Controle do Robô..... 115
APÊNDICE B – Código Fonte do Sistema de Interface Web 123
APÊNDICE C – Descrição do Hardware Desenvolvido 129

1 INTRODUÇÃO

Os novos indicadores de saúde mostram que houve um aumento na qualidade de vida das pessoas, consequentemente as taxas de mortalidade diminuíram, isso é um fenômeno mundial e tem acontecido em um ritmo acelerado no Brasil. De acordo com projeções do Banco Mundial, a população idosa no Brasil deve triplicar nas próximas quatro décadas, de menos de 20 milhões em 2010 para cerca de 65 milhões em 2050 (BRASIL, 2016).

Existem dois tipos de envelhecimento, o natural onde o indivíduo vai perdendo suas funções motoras com o tempo e o envelhecimento de sobrecarga, causado por doenças ou acidentes que demandam algum tipo assistência (CANCELA, 2007).

O processo de envelhecimento da população brasileira faz surgir discussões de como lidar com essa nova realidade do povo brasileiro, pois os idosos são mais susceptíveis a doenças e normalmente exigem mais cuidados, principalmente quando estas doenças causam alguma incapacidade motora (PINHEIRO et al., 2011).

Nesse contexto surge a tecnologia assistiva (TA) que é um ramo de pesquisa científica dirigida para o desenvolvimento e aplicação de recursos e serviços que aumentem ou restaurem a função humana na sua plenitude, oportunizando condições fundamentais para a inclusão social. A TA tem papel de auxiliar as pessoas no seu dia a dia, proporcionando aquelas com determinados problemas ou dificuldades uma maior independência e inclusão social, através da ampliação de comunicação, mobilidade, controle de seu ambiente, trabalho e integração com a família, amigos e sociedade (CALDAS, 2003). Por se tratar de um ramo de pesquisa, muitas áreas acabam fazendo parte da TA, dentre elas a robótica, que através de vários tipos de robôs auxiliam no dia a dia das pessoas, essa junção entre TA e robótica é conhecida como Robótica Assistiva (RA).

A RA possui algumas definições, dentre elas a mais adequada é a que define que um robô assistivo é aquele que presta ajuda ou suporte a um usuário humano (FEIL-SEIFER; MATARIC, 2005).

A RA inclui robôs de reabilitação, robôs de cadeira de rodas e outras formas de mobilidade, robôs companheiros, auxiliares para deficientes físicos, robôs educacionais entre outros. Esses robôs são destinados ao uso em uma variedade de ambientes, incluindo escolas, hospitais e residências (FEIL-SEIFER; MATARIC, 2005).

O presente trabalho propõe um robô para auxiliar os idosos com

informações de atividades e tarefas que os mesmos precisam executar ao longo de seu dia.

1.1 OBJETIVOS

Esta seção apresenta o objetivo geral e os objetivos específicos desta dissertação.

1.1.1 Objetivo Geral

Propor um robô assistente doméstico para pessoas idosas que seja capaz de auxiliá-las a lembrar de realizar atividades, tomar medicamentos, lembrar de compromissos, além de servir como entretenimento e companhia a elas.

1.1.2 Objetivos Específicos

1. Levantar as principais características sobre Tecnologia Assistiva;
2. Levantar as principais características sobre Robótica Assistiva;
3. Compreender a utilização de robôs assistentes para idosos;
4. Pesquisar estudos que discutam o impacto e aceitação dos robôs na vida de idosos;
5. Desenvolver um protótipo de robô assistente e validar o mesmo, avaliando os resultados obtidos.

1.2 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA

Com o aumento da expectativa de vida da população, causando consecutivamente o aumento de idosos, se faz necessário mais recursos para ajudar a auxiliar estas pessoas, uma vez que a escassez de cuidadores humanos está sendo detectada tanto no Brasil como em várias outras nações do mundo, como por exemplo o Japão .

Com isso surge o desafio de ajudar as pessoas idosas a serem autônomas e independentes, para viver a terceira idade, com a maior qualidade de vida possível. Esse tema vem sendo discutido por algumas

nações como a japonesa, a americana, e também a brasileira (GRAGNOLATI et al., 2011).

Grandes empresas como Honda, Panasonic, Sony entre outras já lançaram seus robôs assistivos, uma vez que esse mercado está em grande ascensão. A robótica assistiva é uma possível solução para a falta de cuidadores humanos constatada no mercado mundial, além das questões de confiabilidade com segurança e eficiência no trabalho.

A *International Data Corporation* (IDC), que é considerada uma das principais fornecedoras globais de inteligência de mercado, serviços de assessoria e eventos para os mercados de tecnologia da informação, telecomunicações e tecnologia de consumo, anualmente publica um relatório sobre as tendências para a robótica mundial. Esse relatório é chamado de *FutureScape: Worldwide Robotics Predictions*, e entre as principais tendências para os próximos anos, destaca-se que, até 2021, o mercado dos robôs assistentes será duas vezes maior, e a base da Inteligência Artificial (IA) da próxima geração de robôs se concentrarão menos nas tarefas físicas e mais no ensino e na interação com a família, ao ponto destes serem considerados membros das famílias (ZHANG, 2017). Esta dissertação busca responder a seguinte pergunta: *é possível desenvolver um robô que interaja com idosos através de fala sintetizada, que auxilie em tarefas diárias, afim de proporcionar melhores condições de vida a eles?*

1.3 ADERÊNCIA AO PPGTIC

Este trabalho está inserido na linha de pesquisa Tecnologia Computacional pois utiliza software e hardware para o desenvolvimento de uma proposta de robô que integra várias áreas como automação, saúde, psicologia sendo assim de natureza interdisciplinar.

1.4 METODOLOGIA

Este trabalho é uma pesquisa tecnológica destinada ao desenvolvimento de uma proposta de robô assistivo para auxílio a pessoas idosas.

O software de interação (interface) do robô com o usuário será desenvolvido na linguagem de programação Java para a plataforma Android, o sistema web para inserção de informações remotas para o robô será implementado na linguagem de programação PHP juntamente com

a linguagem de marcação HTML, para manipular uma base de dados MySQL. Já o software de controle será desenvolvido na linguagem de programação C/C++, e será responsável por controlar a movimentação do robô mediante as informações recebidas por sensores. Para validar o sistema será desenvolvido um protótipo equipado com sensores ultrassônicos, sistema de locomoção e equipamentos de multimídia. As etapas a serem realizadas neste trabalho seguirão a sequência definida no diagrama ilustrado na Figura 1.

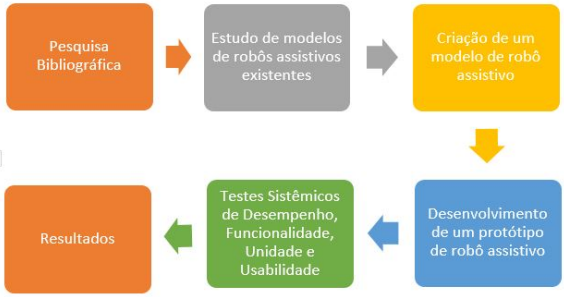

Figura 1 – Diagrama das etapas a serem realizadas no trabalho.
Fonte: Elaborada pelo autor

Após o levantamento bibliográfico e delimitação dos modelos existentes de robôs assistivos no mercado, será proposto um modelo de robô assistente, sendo que este será desenvolvido em forma de protótipo, o qual será avaliado.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Além desta introdução, este trabalho está estruturado em mais cinco capítulos e três apêndices que abordam os seguintes temas:

O **Capítulo 2** apresenta um breve histórico das tecnologias assistivas, suas definições e políticas de incentivo ao emprego desta tecnologia no Brasil e no exterior. O capítulo também apresentará uma breve introdução sobre os tipos de tecnologias assistivas e como estas são direcionadas a população idosa.

O **Capítulo 3** aborda a robótica, definições e tipos de robôs, com enfoque a locomoção e sensoriamento. O capítulo também apresenta uma breve introdução sobre robótica assistiva, que é uma junção entre a robótica e as tecnologias assistivas e como esta vem sendo utilizada como ferramenta de apoio as pessoas idosas.

O **Capítulo 4** descreve o projeto e o desenvolvimento do robô assistente. O capítulo iniciará descrevendo o projeto do robô proposto nesta dissertação. Para fins de avaliação, e, com base no projeto proposto, o capítulo também descreverá o protótipo do robô assistente desenvolvido.

No **Capítulo 5** são apresentados os resultados das avaliações feitas com o protótipo. Sendo que as avaliações realizadas são: de desempenho, funcionais, de usabilidade e unidade.

O **Capítulo 6** apresenta as considerações finais a cerca desta dissertação, bem como uma lista de sugestões para trabalhos futuros.

O **Apêncice A** lista o código fonte do sistema de controle do robô, que trata do controle dos motores CC baseados nos dados obtidos pelos sensores ultrassônicos.

O **Apêncice B** lista o código fonte do sistema web, desenvolvido na linguagem de programação PHP, responsável pela inserção de informações no banco de dados, e que serão utilizadas para o controle das mensagens faladas pelo robô.

O **Apêncice C** apresenta o hardware desenvolvido no protótipo do robô. É apresentado em detalhes os principais componentes presentes na placa desenvolvida e suas especificações.

2 TECNOLOGIAS ASSISTIVAS

Este capítulo apresenta um breve histórico das tecnologias assistivas, suas definições e políticas de incentivo ao emprego desta tecnologia no Brasil e no exterior. O capítulo também apresenta uma breve introdução sobre os tipos de tecnologias assistivas e como estas são direcionadas a população idosa.

2.1 DEFINIÇÃO DE TECNOLOGIAS ASSISTIVAS

Pode se considerar uma TA qualquer equipamento, produto ou sistema que é usado para aumentar, manter ou melhorar capacidades funcionais das pessoas, sejam elas cognitivas ou físicas (CALDAS, 2003). A Figura 2 exibe alguns modelos de próteses como exemplo de TA.

Figura 2 – Exemplo de próteses.
Fonte: Pronatec (2016)

Entre os principais objetivos da TA, está o de proporcionar para pessoas com deficiência maior qualidade de vida, melhorando a comunicação, habilidades e integração com o ambiente, através de controle do mesmo, e maior mobilidade, deixando as pessoas mais independentes (MATTOZO et al., 2016).

O uso da TA começou a se destacar em outros países como os EUA, por exemplo, principalmente pelo constante envolvimento daquele país em guerras e conflitos armados, que resultou em um grande número de cidadãos (especialmente ex-soldados) com deficiência física (STEFAN, 2001).

O governo americano foi pressionado a investir em TA para melhorar a qualidade de vida dessas pessoas mutiladas nas guerras. Com

o tempo, não somente os ex-militares, mas também toda a população americana com algum tipo de deficiência pode se beneficiar com os avanços de recursos e serviços desenvolvidos na área de TA (SALVALAIO, 2012).

O termo *Assistive Technology*, foi criado em 1988 como um elemento jurídico na legislação dos EUA e foi reavaliado em 1998 como *Assistive Technology Act* de 1998. Compõe com outras leis, a Lei Americana de Deficiência (ADA- *American with Disabilities Act*), que regula os direitos dos cidadãos com deficiência nos EUA, além de dar suporte legal aos fundos públicos para o uso de recursos que eles venham a necessitar (STEFAN, 2001).

No Brasil, por causa de algumas políticas de apoio a pessoas com deficiência (PcDs), como o programa *Viver Sem Limites* e incentivos a inovação na linha de TA, como o *Programa de Inovação em Tecnologia Assistiva* financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), houve avanços nos conhecimentos em TA, para que pessoas com alguma deficiência possam ter algum tipo de ajuda técnica (BERSCH, 2008).

O Brasil acompanhou uma tendência mundial de ratificar a Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência que ocorreu em 2008, tratado da Organização das Nações Unidas (ONU), que simbolizou a determinação da comunidade internacional em colocar o tema das pessoas com deficiência na agenda global na perspectiva dos Direitos Humanos (CAIADO, 2009).

As ajudas técnicas ou também denominadas autoajudas, referem-se ao conjunto de recursos que, de alguma maneira, contribuem para proporcionar às Pessoas com Necessidades Especiais (PNEs) maior independência, qualidade de vida e inclusão na vida social (TÉCNICAS, 2007).

Os recursos de TA são qualquer tipo de equipamento que possam devolver algumas capacidades funcionais: desde o uso de uma simples bengala, um par de óculos, cadeiras de roda, próteses, até complexos sistemas computadorizados que permitem o controle do ambiente ou a própria expressão e comunicação do indivíduo (MUSSOLINI et al., 2007).

A TA engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade relacionada à atividade e participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (TÉCNICAS, 2007).

A TA é dividida praticamente em recursos e serviços. Tudo que é feito para melhorar, aumentar ou simplesmente manter as capacidades funcionais das pessoas, sendo estes equipamentos, sistemas ou qualquer

item feito sob medida é considerado um recurso. Já os serviços são aqueles que ajudam a selecionar, comprar ou usar os recursos (BERSCH, 2008).

Os recursos variam de simples materiais de apoio até complexos sistemas computacionais, roupas adaptadas, itens para mobilidade, equipamentos de comunicação, acionadores especiais, controles remotos, softwares e hardware especiais (ROCHA; CASTIGLIONI, 2005).

Como exemplo de serviços podem ser citados as avaliações e experimentos e treinamentos de novos recursos, envolvendo profissionais de diversas áreas como: fisioterapia, terapia ocupacional, fonoaudiologia, educação, psicologia, enfermagem, medicina, engenharia, arquitetura, design, técnicos de muitas outras especialidades (ROCHA; CASTIGLIONI, 2005).

2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS ASSISTIVAS

Segundo as diretrizes da ADA, que regula os direitos dos cidadãos com deficiência nos EUA, existem várias categorias para a TA. É importante classificá-las para uma maior organização e discernimento de estudos e pesquisas e também para o provimento de políticas públicas de incentivo (STEFAN, 2001).

Entre os recursos necessários e individualizados a TA está presente em situações em que há a necessidade de comunicação alternativa e ampliada como ilustra a Figura 3, adaptações de acesso ao computador, equipamentos de auxílio para visão e audição, e o controle do ambiente.

Figura 3 – Aplicativo de lente de aumento.
Fonte: Freeimagens (2017)

Nessas categorias encontram-se adaptação de jogos e brincadei-

ras, adaptações da postura sentada (como em cadeiras de rodas), mobilidade alternativa, próteses e a integração dessa tecnologia nos diferentes ambientes como a casa, a escola, a comunidade e o local de trabalho. A TA é dividida em 11 categorias, as quais estão descritas no Quadro 1.

Auxílios para a vida diária	Equipamentos que ajudam no dia a dia, seja na alimentação, vestuário, necessidades pessoais e manutenção de casa.
Comunicação aumentativa e alternativa	Recursos eletrônicos para a comunicação de pessoa sem fala ou com limitações da mesma.
Recursos de acessibilidade ao computador	Recursos computacionais, que utilizam desde voz, braile, teclados modificados, acionadores entre outros para permitir o uso do computador por pessoas com algum tipo de deficiência.
Sistemas de controle de ambiente	Sistemas eletrônicos para residência, como controle de aparelhos eletrônicos em casa, segurança, controle de temperatura, claridade, entre outros.
Projetos arquitetônicos para acessibilidade	Adaptações no cotidiano, como rampas, elevadores, banheiros para cadeirantes, reduzindo as barreiras físicas e facilitando a locomoção das pessoas com deficiência
Órteses e próteses	De membros artificiais, até o uso de materiais ortopédicos de apoio como por exemplo talas.
Adequação Postural	Adaptações para cadeira de rodas ou outro sistema visando o conforto, maior estabilidade e postura adequada do corpo.
Auxílios de mobilidade	Equipamentos que ajudem na mobilidade, podendo ser cadeiras de rodas manuais ou motorizadas, muletas e até andadores.
Auxílio para cegos ou com visão subnormal	Equipamentos para um grupo bem definido, que varia entre, lupas, braile, softwares de voz e de aumento de imagem, entre outros.
Auxílio para surdos ou com déficit auditivo	Vários tipos de equipamentos deste aparelhos para surdez, telefone com teclado, equipamentos com infravermelho ou led entre outros.
Adaptações em veículos	Modificações ou adaptações para ajudar na condução do veículo, incluindo acessórios, elevadores para cadeiras de rodas, usados em veículos automotores para transporte pessoal.

Quadro 1 – Classificação das Tecnologias Assistivas.

2.3 TECNOLOGIAS ASSISTIVAS E A POPULAÇÃO IDOSA

Em 2012 a porcentagem da população mundial que tinha mais de 65 anos era de aproximadamente 7%, estima-se um aumento de até 20% no ano de 2050 (ONU, 2017). Com isso surge a necessidade crescente de inovações para oferecer serviços de cuidados para essa faixa etária. A Figura 4 ilustra um idoso recebendo ajuda de uma cuidadora (THIEME et al., 2012).

Figura 4 – Idoso Recebendo auxílio.
Fonte : Freeimagens (2017)

As tecnologias assistivas ajudam indivíduos a manter a independência e aumentar a qualidade de vida dos mesmos. Os idosos gostam de viver tradicionalmente de maneira independente e normalmente em suas próprias casas. Além disso, outro problema encontrado é a falta de pessoas especializadas em cuidar de idosos (GRAGNOLATI et al., 2011).

Um relatório da *World Health Organization* (WHO) destaca de maneira significativa o uso das tecnologias assistivas na área de cuidados de idosos, onde é enfatizado a aceitação desta tecnologia por parte dos idosos (AHN; BEAMISH; GOSS, 2008).

A demência, que é o termo genérico para o declínio na capacidade mental, é um problema que afeta muitas pessoas idosas com consequências socioeconômicas para a sociedade em geral. Com o declínio cognitivo do idoso, a sua capacidade de realizar atividades básicas na vida diária fica muito limitada (GRAGNOLATI et al., 2011).

A TA é desenvolvida para permitir o aumento da autonomia e independência de pessoas com deficiência ou com mobilidade reduzida

em suas atividades domésticas ou ocupacionais da vida diária, visando permitir que o idoso permaneça em sua casa mantendo certa autonomia (BRASIL, 2016).

As tecnologias junto ao corpo, como por exemplo relógios inteligentes, sensores de monitoramentos de pressão, são menos desejáveis para os idosos e pessoas com deficiências cognitivas, pois esses dispositivos de monitorização diária podem ser esquecidos de serem utilizados ou de terem suas baterias recarregadas, podendo ocasionar um mal funcionamento do sistema em si (PINHEIRO et al., 2011).

As tecnologias precisam ser cuidadosamente concebidas de forma a acomodar os requisitos associados com deficiências cognitivas, levando em conta a importância que as tecnologias em casa devem ser discretas e livres de manutenção, a fim de assegurar a sua capacidade para controlar ou ajudar as pessoas com o mínimo de interferência possível (PINHEIRO et al., 2011).

Dentro desta perspectiva se destaca as tecnologias de monitoramento discreto, por exemplo sistemas de monitoramento em casa, os robôs assistivos que estão surgindo para fornecer soluções alternativas. Estas abordagens são predominantes no uso baseado em sensores ligados ao meio ambiente, para detectar divergências como por exemplo um acidente com um idoso, uma queda ou algo do gênero, trabalhando com monitoramento e controle de ambiente (MANDULA et al., 2015).

Os idosos preferem viver em suas casas o máximo de tempo possível e as políticas governamentais incentivam esta situação, para reduzir os custos de cuidados de saúde, onde novas políticas de apoio são necessárias para que isso possa ocorrer (THIEME et al., 2012).

A Robótica Assistiva é um ramo da área computacional que está em expansão no século XXI, devido a evolução e otimização de novas tecnologias como micro e nanoeletrônica, processadores cada vez menores e melhores e baterias mais potentes (MOREIRA; VASCONCELOS, 2010)

Atualmente, quando se ouve a palavra robótica, a maioria das pessoas já conseguem identificá-la em suas vidas, pois ela é uma realidade que cresce a cada dia. O uso de robôs está disseminado nos mais diversos segmentos da sociedade, desde robôs para simples limpeza residencial até robôs em usinas atômicas para tarefas de extremo risco.

No próximo capítulo será explanado sobre Robótica Assistiva, que é utilizada para fins sociais, onde a interação da robótica com os seres humanos pode melhorar alguns aspectos em relação à saúde, à psicologia e bem-estar dos idosos (BROEKENS et al., 2009).

3 FUNDAMENTOS DA ROBÓTICA

Este capítulo apresenta um breve histórico sobre a robótica, suas definições e tipos de robôs, com enfoque na locomoção e sensoriamento. O capítulo também apresenta uma breve introdução sobre robótica assistiva que é uma junção entre a robótica e as tecnologias assistivas e como ela vem sendo utilizada como ferramenta de apoio as pessoas idosas.

3.1 HISTÓRICO DA ROBÓTICA

Por mais que a ascensão da robótica ocorreu em meados do século XX, onde grandes empresas investiram no desenvolvimento de robôs para as mais diversas áreas, existem vários documentos que indicam que o surgimento dos robôs ou que a própria ideia de robótica tenha surgido muito antes no século XVII (GONÇALVES, 2011).

A palavra robô foi criada em uma peça teatral de 1921. Nesta época as obras de ficção científica pregavam o medo e a incerteza quanto à inserção de robôs na sociedade, mas Asimov através de suas mais de 500 publicações sobre o assunto, pregava que os robôs ajudariam os seres humanos em tarefas, protegendo-os contra o mal (MEDEIROS, 1998).

O termo robô vem do tcheco "robota"e significa trabalho forçado. Foi usado pela primeira vez em 1921 por Karel Capek em seu romance *Rossum's Universal Robots*. Já o termo Robótica foi criado em 1948 pelo escritor de Ficção Cientifica, Isaac Asimov, em seu romance (Eu, Robô) (MEDEIROS, 1998).

Os robôs de Capek eram máquinas de trabalho incansáveis, de aspecto humano, com capacidades avançadas mesmo para os robôs atuais (MEDEIROS, 1998).

Quando surgiram os autômatos em meados do século XVII, como o famoso pato mecânico de Jacques de Vaucanson ilustrado na Figura 5, que poderia até bater as asas, foi que o mundo começou a apreciar a ideia de ter robôs entre os humanos e desde então a robótica vem evoluindo (KAC, 1997).

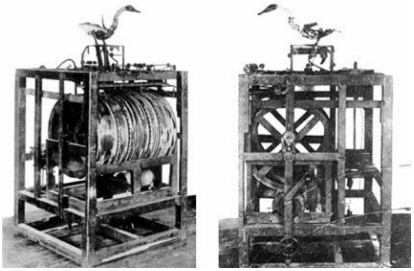

Figura 5 – Pato mecânico de Jacques de Vaucanson.
Fonte: Observador (2017)

A robótica se desenvolveu depois da segunda guerra mundial quando se iniciaram os estudos sobre a "teoria de controle" a qual permitiu ao longo do tempo uma melhor compreensão não somente de sistemas artificiais, mas também dos sistemas biológicos, com isso surgiu um outro campo de estudo chamado de cibernética (ASHBY, 1970).

A cibernética estuda biossistemas lógicos, a partir do nível de neurônios (células nervosas) para o nível de comportamento, tentando implementar princípios semelhantes em robôs simples, usando métodos da teoria de controle(RUYER, 1972).

Um conceito chave da cibernética centra-se no acoplamento estrutural da Teoria Geral de Sistemas, combinando a interação entre o mecanismo ou organismo e seu meio ambiente. Através do estudo sobre ela surgiu a ideia de imitar sistemas biológicos, criando os primeiros conceitos sobre Inteligência Artificial (ALVES, 2012).

3.2 DEFINIÇÕES DE ROBÓTICA

Segundo Matarić (2007), robô é um sistema autônomo que existe no mundo físico, pode sentir seu ambiente e deve agir sobre ele para alcançar algumas metas, como por exemplo se locomover desviando de obstáculos (MATARIĆ, 2007).

Um robô pode agir exclusivamente com base em suas próprias decisões e não ser controlado por um ser humano, mas nem toda máquina é autônoma, portanto também existem os robôs teleoperados, que são controlados remotamente por seres humanos.

Segundo Matarić (2007) a robótica é o estudo de robôs, o que significa que é o estudo do auto sensoriamento autônomo e proposital para agir no mundo físico. A robótica é um campo de rápido crescimento,

cuja definição foi evoluindo ao longo do tempo (MATARIĆ, 2007).

Um dos maiores desafios da robótica é como lidar com as leis do mundo físico, onde o robô deve sentir e interagir com seu ambiente e para isso existem os sensores, que imitam ou simulam os sentidos humanos como ouvir, tocar, ver, cheirar entre outros, além de atuadores e efetuadores para poder interagir e se locomover pelo ambiente. Um sistema que não detecta ou obtêm informações de um ambiente não poderá ser considerado um robô, porque ele não poderá responder ao que se passa à sua volta (WOLF et al., 2009).

3.2.1 Percepção, Planejamento, Atuação e Controle

Basicamente todo robô precisa ter uma percepção do ambiente, esta pode ser obtida através de sensores. Após obter estes dados ele deve fazer o planejamento de suas ações, escolhendo a melhor ação mediante a algum algoritmo e, por fim, realizar a atuação, que é o ato de agir em uma determinada situação (CORKE, 2017).

Para operar em ambientes dinâmicos, os robôs devem ser capazes de efetivamente utilizar e coordenar seus recursos físicos e computacionais limitados. À medida que a complexidade aumenta, torna-se necessário impor algumas restrições sobre o controle do planejamento, percepção e atuação para garantir que as interações indesejadas entre os comportamentos não ocorram (SIMMONS, 1994).

3.2.1.1 Sensores e Atuadores

Segundo Pissardini (2016) um dos grandes desafios de um sistema autônomo é adquirir conhecimento sobre o seu ambiente e para isso os robôs móveis utilizam os mais variados tipos de sensores para extrair informações das medições e definir ações sem a intervenção humana (PISSARDINI, 2016).

Reagindo diante de situações imprevistas enquanto se locomove, o robô necessita de informações abundantes e de qualidade, para que o mesmo possa definir suas ações. Para resolver esse problema é preciso combinar sensores, formando um sistema sensorial integrado (PISSARDINI, 2016).

É possível classificar os sensores com base em seu funcionamento e quanto ao tipo de informação captada. O Quadro 2 apresenta uma classificação para os sensores.

Elementares	Retornam dados digitais ou analógicos de uma única variável.
Complexos	Retornam informações que somente podem ser representadas por vetores ou matrizes.
Proprioceptivos	Medem valores internos para o sistema (robô), por exemplo: velocidade do motor, carga de roda, ângulos articulares do braço do robô, tensão da bateria.
Passivos	Medem a energia do ambiente que entra no sensor. Exemplos de sensores passivos incluem sondas de temperatura, microfones e CCD ou CMOS e câmeras.
Ativos	Emitem energia no meio ambiente, em seguida, medem a reação ambiental de sua ação. Os sensores ativos pode gerenciar interações mais controladas com a ambiente, e muitas vezes obter um desempenho superior. Exemplos de sensores ativos incluem codificadores de quadratura de rodas, sensores ultrassônicos e a laser.

Fonte: SECCHI, 2008
Quadro 2 – Modelos de Sensores.

Um atuador, assim como um sensor, é um transdutor que transforma uma forma de energia em outra, porém, fazendo o caminho inverso isto ocorre por que ao invés de transformar uma grandeza em um sinal elétrico, transforma um sinal elétrico em uma grandeza física, que pode ser movimento, velocidade, calor, entre outras (HOTZ, 2014).

3.2.2 Tipos de Robôs

Conforme a ISO (*International Organization for Standardization*) 10218, existem dois tipo de robôs, o robô de base fixa e o robô de base móvel. Um robô de base móvel pode se locomover por todo o ambiente interagindo com o mesmo, já o robô de base fixa, normalmente é utilizado em indústrias, por ficarem fixos em um determinado local normalmente fazendo algum tipo de ação repetitiva (GUENTHER; PIERI, 2000).

Segundo a *Robotic Industries Association* (RIA), robô de base fixa é definido como um manipulador multifuncional reprogramável projetado para movimentar materiais como ilustra a Figura 6 , partes, ferramentas ou peças especiais, através de diversos movimentos programados, para o desempenho de uma variedade de tarefas (ASSOCIATION

et al., 2012).

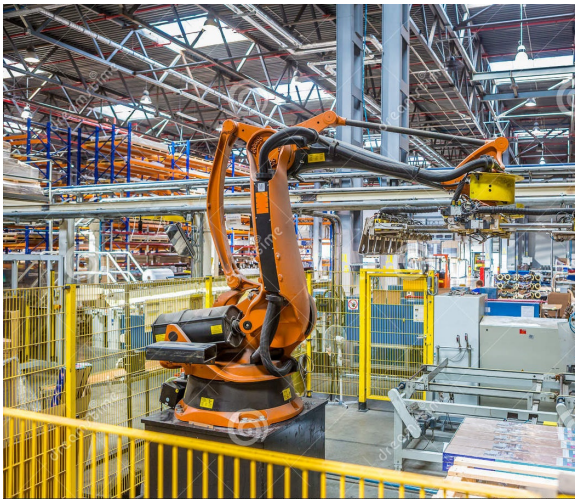

Figura 6 – Robô de base fixa.
Fonte: (STOCKFREEIMAGES, 2018)

O robô de base móvel tem evoluído muito ultimamente, ganhando destaque na mídia e na sociedade, onde antes se falava em robôs industriais (a maioria de base fixa), agora abre-se espaço para os robôs capazes de se locomoverem e interagirem com seus ambientes. A Figura 7 ilustra um exemplo de robô móvel.

Figura 7 – Robô móvel Pioneer.
Fonte: Mobilerobots (2017)

Por mais que a indústria seja ainda hoje a maior utilizadora de robôs, como braços robóticos que podem se mover rapidamente, eles

ainda têm uma grande desvantagem, a falta de locomoção.

Existe a possibilidade de um robô de manipulação caminhar pela fábrica e aplicar suas funcionalidades, que dá origem a robótica móvel, também chamados de Robôs Móveis Autônomos (RMAs) ou Veículos Autônomos Inteligentes (VAIs) (CORREA, 2013).

Na locomoção, o ambiente é fixo e o robô move-se no meio ambiente, a base científica é o estudo de atuadores que geram forças de interação e mecanismos de locomoção que implementam a cinemática desejada e as propriedades dinâmicas (RINCON, 2013).

A robótica móvel é influenciada pela mecânica, cinemática, teoria de controle e dinâmica, alavancando os campos de análise de sinais, organismos especializados em conhecimento e visão computacional, capaz de empregar uma grande variedade de tecnologia sensorial.

Robôs móveis tem uma infinidade de aplicações no mercado, e sua concepção envolve a integração de várias áreas do conhecimento, o que torna a robótica móvel uma área interdisciplinar.

A locomoção é uma das principais características de um robô móvel, mas é a percepção do ambiente que trata a maior dificuldade da robótica móvel, apesar de poder andar em praticamente todos ambientes criados pelo ser humano ou pela natureza, o mesmo não consegue perceber o mundo tão bem quanto os homens ou os animais (SIEGWART; NOURBAKHSH; SCARAMUZZA, 2011).

3.2.3 Robótica Móvel

Para ser considerado móvel o robô precisa se locomover pelo ambiente e existe uma variada gama de mecanismos, que permitem essa locomoção, que podem, por exemplo, fazer o robô andar, pular, correr e até voar, mas nada é tão eficiente quanto o uso da roda (SIEGWART; NOURBAKHSH; SCARAMUZZA, 2011).

Apesar dos robôs tentarem imitar sistemas biológicos, o uso da roda permite um ganho de eficiência principalmente em terrenos planos, onde a locomoção é um complemento de manipulação (SIEGWART; NOURBAKHSH; SCARAMUZZA, 2011).

Dentre as formas de locomoção, a realizada com as pernas é caracterizada por uma série de contatos pontuais entre o robô e o chão. As principais vantagens incluem adaptação e mobilidade em terrenos acidentados, uma vez que apenas um conjunto de contatos pontuais é necessário (RODRIGUES et al., 2013).

Uma vantagem da locomoção com pernas é o potencial para ma-

nipular com mais habilidade objetos no ambiente. A Figura 8 ilustra um robô que usa pernas para locomoção. Um exemplo de inseto, o besouro, é capaz de rolar uma bola, enquanto se locomove por meio de suas hábeis pernas dianteiras (SIEGWART; NOURBAKHSH; SCARAMUZZA, 2011).

As principais desvantagens deste tipo de locomoção incluem a complexidade mecânica da perna, o que pode incluir vários graus de liberdade. Além disso as pernas devem ser capazes de sustentar parte do peso total do robô, e em alguns casos, devem ser capazes de levantar e abaixar o robô (RODRIGUES et al., 2013).

Figura 8 – Robô aranha com pernas.
Fonte: Freeimagens (2017)

Contudo, a alta mobilidade só será alcançada se as pernas tiverem um número de graus de liberdade suficiente para usar a força num certo número de direções diferentes (BECKER et al., 1997).

A roda tem sido, de longe, o mecanismo de locomoção mais popular em robótica móvel e em veículos feitos pelo homem em geral. Com ela se consegue ganhos consideráveis de eficiência, com uma aplicação mecânica relativamente simples (BECKER et al., 1997).

O equilíbrio não é geralmente um problema de pesquisa em projetos de robô, pois os robôs móveis quase sempre são concebidos de modo que todas as rodas estejam em contato com o solo, sendo assim, três rodas são suficientes para garantir o equilíbrio estável (RODRIGUES et al., 2013).

Quando mais do que três rodas são utilizadas é necessário o uso de uma suspensão para permitir que todas elas mantenham contato com o solo em um terreno irregular (SIEGWART; NOURBAKHSH; SCARAMUZZA, 2011).

Em vez de se preocupar com o equilíbrio, os robôs com rodas tendem a concentrar-se na estabilidade, mobilidade e controle. Existem 3 tipos de rodas conforme descreve o Quadro 3.

Roda fixa	Normalmente associada a tração do robô. A roda fixa tem seu eixo fixo na estrutura do mesmo.
Roda orientável centralizada	Normalmente usada como roda de direção ou tração/direção, gira ao redor do eixo vertical.
Roda orientável não centralizada (roda Castor)	Gira ao redor de um eixo vertical que não passa pelo centro da mesma. Normalmente utilizada para dar estabilidade e direção ao robô.

Fonte: NOURBAKHSH, 2004
Quadro 3 – Tipos de Rodas.

Os diferentes arranjos entre sensores, atuadores e controle abrem espaço para a criação e diversificação de vários tipos de robôs e novas áreas de estudo, como por exemplos robôs destinados a melhorar a qualidade de vida das pessoas, por exemplo. Esse campo de estudos é conhecido como robótica assistiva.

3.3 ROBÓTICA ASSISTIVA

A Robótica Assistiva (RA) é uma junção entre a robótica e as tecnologias assistivas, com o objetivo de auxiliar as pessoas na sua vida diária, em vários ambientes, possibilitando mais independência para seus usuários (CHAN et al., 2013).

A RA pode ser considerada como um sistema que tem o papel de se mover por todo um ambiente com facilidade e eficiência, realizando tarefas e auxiliando as pessoas com algum tipo de deficiência nas mais diversas atividades (CHAN et al., 2013).

A RA vem recebendo atenção desde a década de 70 onde partiram de sistemas rústicos para atingir hoje sistemas mais acessíveis e agradáveis, tanto funcional como esteticamente (JOHN, 2016).

Para um melhor desempenho desses sistemas, muitas vezes eles precisam atuar conjuntamente a bioengenharia para melhorar a mobilidade dos idosos, por exemplo, e ajudar os familiares a aumentar as capacidades dos mesmos e sua independência (CHAN et al., 2013).

O principal objetivo da RA é de âmbito social, melhorando as condições de vida de pessoas com limitações funcionais, onde o mesmo deve poder controlar o sistema e se sentir autônomo (CHAN et al., 2013).

A RA vem ao encontro da necessidade de se criar ferramentas e

técnicas avançadas para promover uma vida independente e para melhorar a qualidade de vida de pessoas com doenças crônicas ou degenerativas em habilidades motoras, sensoriais, comunicativas e/ou cognitivas (CHAN et al., 2013).

Groothuis, Stramigioli e Carloni (2013) elaboraram uma lista de critérios, que consideram ser propriedades fundamentais de adequação de robôs para fins assistivos, critérios esses que podem ser estendidos a outras aplicações.

1. Segurança da interação: nível de segurança do homem quando interage com o robô.

2. Robustez de choque: robustez do sistema robótico frente a choques de alto impacto.

3. Controle de posição: acurácia e repetibilidade das capacidades de posicionamento.

4. Energia: armazenagem e reuso de energia.

5. Adaptabilidade: diz respeito à dinâmica entre desempenho e segurança, face às influências de ambientes ou condições arbitrárias ou adversas.

O uso da RA para idosos vem melhorar a vida em casa tornando-a viável por mais tempo, diminuindo a necessidade de estabelecimentos de cuidados ou asilos, além da melhoria da autoestima (JOHN, 2016).

3.3.1 A Vida Assistiva

No mundo inteiro a população idosa vem aumentando devido, principalmente, a qualidade de vida proporcionada nos dias atuais. A Figura 9 ilustra um gráfico que aponta a população mundial, a população idosa atual e a perspectiva de aumento de ambas. Por isso, surge novamente a pergunta:

- Como lidar com o envelhecimento da sociedade mundial e a forma de cuidar dos idosos?

Nos EUA, no ano de 2015, 13% da população se enquadra na terceira idade e a perspectiva é que até 2050 esse percentual possa duplicar. Mesmo assim os americanos não se aproximam do Japão, nação com maior percentual de idosos no mundo, que no ano de 2015 tinha o

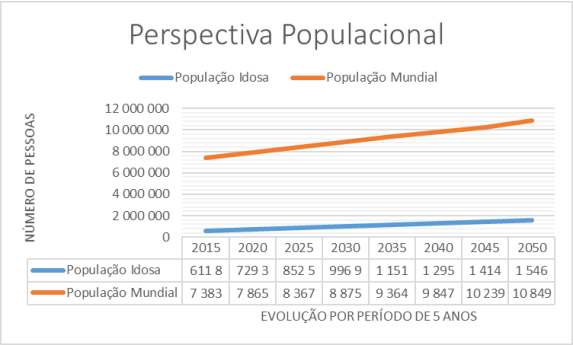

Figura 9 – Perspectiva populacional.
Fonte: Adaptado de ONU (2017)

percentual de 20% de sua população com mais de 65 anos (LENHART et al., 2015).

Mesmo com o aumento significativo da qualidade de vida, vários problemas ainda afligem os idosos, dentre eles destaca-se a mobilidade. Em 2010, a taxa de comprometimento da mobilidade dos idosos americanos era de quase 60%. Por isso, novas tecnologias assistivas vem surgindo com potencial de ajudar os idosos a se locomoverem e terem uma vida mais saudável (KOCH, 2010).

Muito conhecida no ramo automobilístico, a Honda está aperfeiçoando a tecnologia utilizada no robô Asimo para criar dispositivos de mobilidade assistiva. O *Stride Management Assist*, é um destes dispositivos destinado a impulsionar aqueles com dificuldade de andar (BUESING et al., 2015).

O *Stride Management Assist*, ilustrado na Figura 10, lançado pela Honda pela primeira vez em 2008, consiste em um par de aparelhos de metal leve que se unem as pernas superiores do usuário, juntamente com uma peça de quadril que contém o computador de controle e as baterias. Um motor fica em cada quadril e fornece assistência às coxas enquanto o usuário anda. Todo o dispositivo pesa apenas cerca de 6 libras ou 2,7 quilogramas, incluindo baterias e funciona por cerca de duas horas (BUESING et al., 2015).

O dispositivo promete ajudar idosos e pessoas com problemas de mobilidade com fraqueza muscular de membros inferiores a recuperarem alguns dos seus movimentos. Além disso, o dispositivo ajusta o ritmo de caminhada e monitora os batimentos cardíacos do usuário.

Em um teste de coluna realizado pela Honda, o *Stride Management Assist* permitiu a redução do esforço e diminuição da frequência

Figura 10 – *Stride Management Assist.*
Fonte:Honda (2017)

cardíaca do usuário (BUESING et al., 2015).

A Panasonic lançou em 2017 alguns robôs assistivos que ajudam na vida cotidiana das pessoas. Um dos exemplos é o robô AWN-03, ilustrado na Figura 11, equipado com motores que auxiliam a realizar tarefas biomecânicas de forma mais adequada, tais como, levantar e segurar objetos fornecendo um apoio as costas, além disso permite reduzir o estresse de carga em até 15 kg (PANASONIC, 2017).

Figura 11 – AWN-03.
Fonte: Panasonic

O PLN-01, ilustrado na Figura 12, é um suporte para ajudar a caminhada ou corrida, permite que o usuário faça menos esforços em situações de subida como em uma montanha (PANASONIC, 2017).

Figura 12 – PLN-01.
Fonte: Panasonic

O *Power Loader*, ilustrado na Figura 13, uma espécie de exoesqueleto com 4 sensores nas mãos e nos pés que controlam 20 motores, foi criado para ajudar no resgate de vítimas de desastres naturais (PANASONIC, 2017).

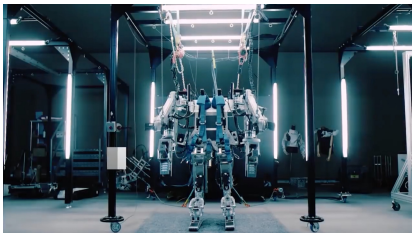

Figura 13 – *Power Loader*.
Fonte: Panasonic

A mais de 18 anos a Panasonic trabalha no desenvolvimento de dispositivos para o cuidado com idosos no setor de enfermagem para cuidados mentais e físicos, onde a empresa fornece soluções que ajudam a melhorar a qualidade de vida dos idosos. Um dos produtos desenvolvidos pela Panasonic é o Resyone (PANASONIC, 2017).

O Resyone que está ilustrado na Figura 14, é uma combinação de cama elétrica de cuidados de enfermagem com uma cadeira de rodas elétrica reclinável. A mesma se divide pela metade virando uma cadeira de rodas reclinável. Como prova de qualidade e eficiência, o Resyone recebeu a certificação ISO13482, o novo padrão de segurança global para robôs de cuidados pessoais (PANASONIC, 2017).

Figura 14 – Resyone.
Fonte: Panasonic

3.3.2 Robôs Cuidadores

A *Merrill Lynch*, divulgou um relatório de quase 300 páginas, projetando a falta de 1 milhão de cuidadores humanos até 2025 para o Japão. Para resolver o problema, as empresas japonesas lideram o desenvolvimento dos *Carebots*, robôs cuidadores. *Carebots* são robôs especificamente projetados para ajudar pessoas idosas (LYNCH; HOPE; LEE, 2013).

Um terço do orçamento do governo japonês é destinado ao desenvolvimento de produtos relacionados a cuidados. O mercado global de robôs pessoais, que inclui cuidados, pode atingir US$ 17,4 bilhões em 2020, de acordo com o relatório *Merrill Lynch* (LYNCH; HOPE; LEE, 2013).

Por exemplo, o robô Asimo da Honda é um robô humanoide autônomo que pode ajudar os idosos, fazendo-os comer ou desligando as luzes (HONDA, 2017).

Outro exemplo é o robô humanoide chamado Robobear, ilustrado na Figura 15, que também pode eliminar a necessidade de cuidadores múltiplos, ajudando a transferir idosos da cama para uma cadeira de rodas. O robô de enfermagem, capaz de levantar pessoas, foi projetado por engenheiros da instituição de pesquisa japonesa RIKEN (ROBINSON; MACDONALD; BROADBENT, 2014).

O SoftBank Pepper, ilustrado na Figura 16, se locomove com o auxílio de rodas e é equipado com uma câmera e sensores, uma tela sensível no peito e braços independentes e articulados. O Pepper é capaz de manter conversas, "ler emoções" e entreter as pessoas. Ele não é feito apenas para auxílio em casa, a SoftBank o colocou nas lojas também como um assistente de compras (SOFTBANK, 2017).

O mercado de RA está cada vez mais atrativo para grandes e

Figura 15 – Robobear.
Fonte: Businessinsider

Figura 16 – *SoftBank Pepper*.
Fonte: Softbank Robotics

pequenas empresas e instituições, visto que as vendas de robôs projetados especificamente para ajudar as pessoas idosas devem chegar a 12.400 unidades entre 2015 e 2018, com o número esperado para aumentar substancialmente nos próximos 20 anos, de acordo com o relatório *Merrill Lynch*. E vai além dos robôs de cuidados pessoais. Os robôs companheiros estão atualmente sendo vendidos para fazer companhia aos idosos (LYNCH; HOPE; LEE, 2013).

A Toyota tem trabalhado para desenvolver um robô companheiro comercialmente viável, com base em sua experiência no campo da robótica industrial e aplicando tecnologia de ponta de áreas como a indústria automotiva e tecnologia da informação (TI) (TOYOTA, 2017).

Dentre esses robôs é possível citar a "família *Partner Robot*" que são robôs que ajudam pessoas, com uma combinação de atenção e inteligência. O *Personal Assist Robot* é um dos *Toyota's Partner Robot*. Ele é ágil, gentil e também inteligente o suficiente para pensar por si próprio e opera habilmente uma variedade de dispositivos nas áreas

de assistência pessoal para idosos, manufatura e mobilidade (TOYOTA, 2017).

No futuro, espera-se que o *Personal Assist Robot* possa se tornar parceiro confiável através da assistência em enfermagem e cuidados médicos em hospitais, atendendo pacientes e idosos em centros de atendimento e apoiando tarefas domésticas (TOYOTA, 2017).

Figura 17 – *Personal Assist Robot- HSR.*
Fonte: Toyota

Outro exemplo da família *Personal Partner Robot* é o HSR que aparece na Figura 17. Ele pode ser controlado por comando de voz ou por tablet, possui um corpo cilíndrico altamente manobrável, compacto e leve com um braço dobrável que permite retirar objetos do chão, aspirar objetos finos, recuperar objetos de locais altos, abrir cortinas e executar outras tarefas domésticas (TOYOTA, 2017).

Outros modelos da família *Personal Assist Robot* da Toyota são o *Walk Assist Robot* e *Care Assist Robot* ilustrado na Figura 18. São robôs utilizados no auxílio de cuidadores e atendentes, garantindo assistência segura e confortável a pessoas com habilidade limitada devido a doença, deficiência ou idade avançada (TOYOTA, 2017).

Figura 18 – *Care Assist Robot.*
Fonte: Toyota

A RA desenvolveu-se ativamente para ajudar diversos grupos demográficos, incluindo crianças, idosos e aqueles com deficiência, dentre as aplicações de RA há robôs pessoais destinados ao auxílio de pessoas em atividades básicas (BERAN et al., 2013).

3.3.3 Robôs Pessoais

Alguns trabalhos recentes estudam o impacto da Interação Humano-Robô (HRI) a longo prazo, aplicados na qualidade de vida, saúde, criatividade, comunicação e objetivos educacionais. A capacidade desses sistemas robóticos de interagir naturalmente, aprender e cooperar efetivamente com pessoas foi avaliada em diversas experiências, tanto dentro dos laboratórios como em ambientes do mundo real (ALVES, 2016).

Na realidade, muitos dos robôs fornecerão apoio para idosos ficarem em casa, quando de outra forma seriam forçados a se mudarem para a vida assistida ou lares de idosos. Esses robôs não se parecerão com pessoas. Em vez disso, eles serão sistemas especializados, como o Roomba, o aspirador robótico do iRobot e o primeiro robô de consumo comercialmente bem-sucedido. Dispositivos pequenos e específicos não são apenas mais fáceis de projetar e implementar, eles permitem uma adoção incremental à medida que os requisitos evoluem ao longo do tempo (SHARKEY; SHARKEY, 2012).

Muitos idosos precisam de ajuda, por exemplo, para se alimentar, banhar-se, vestir-se e levantar, tarefas conhecidas na TA como atividades da vida diária. Juntamente com a ajuda diária como cozinhar e gerenciar medicamentos, eles podem se beneficiar da ajuda robótica para se locomoverem e se guiarem (SHARKEY; SHARKEY, 2012).

Os robôs pessoais estão invadindo as casas como já esperavam os especialistas a algum tempo, além de robôs aspiradores de pó, já existem robôs para esfregar pisos e cortar a grama, alguns que ajudam a levantar as pessoas para dentro e para fora das cadeiras de rodas e camas, seguir receitas, dobrar toalhas e ajudar em cirurgias (FEIL-SEIFER; MATARIC, 2005).

Os tipos de robôs disponíveis incluem modelos que conduzem, fornecem companheirismo doméstico e auxílios a vida diária. Algumas dessas tecnologias já estão em testes em lares de idosos e brevemente estarão em lares por todo o mundo. Os robôs companheiros podem ajudar a aliviar a solidão e lembrar idosos de comer em um horário regular, por exemplo (ROSSI et al., 2017).

Mesmo que ainda exista muitas limitações para os robôs comparados aos seres humanos, não se pode deixar de destacar suas vantagens, dentre elas a capacidade de trabalhar 24 horas por dia e 7 dias por semana (ROSSI et al., 2017).

Além disso ao usar a tecnologia para atender as necessidades do dia-a-dia, como limpar e cuidar da casa, liberam os idosos para passarem mais tempo com familiares e amigos. A delegação de tarefas

aos robôs, também deixa mais tempo para os idosos se socializarem com as pessoas que se preocupam com eles e não apenas por eles (JUNG; LEIJ; KELDERS, 2017).

Outro ponto forte do uso de robôs pessoais se baseia na ideia de que o uso de dispositivos não é o mesmo que pedir ajuda a alguém. Confiar em robôs de cuidados pode levar os idosos a perceber uma menor perda de autonomia do que quando se tornam dependentes de cuidadores (ROSSI et al., 2017).

Uma grande barreira para tornar realidade o uso de robôs cuidadores passa pela interação que eles precisam ter com as pessoas, desde conversar, demonstrar emoções, reagir a determinadas situações extremas (JUNG; LEIJ; KELDERS, 2017).

Para Beer et al. (2012), algumas perguntas precisam ser respondidas:

- Os robôs precisam entender e transmitir a emoção para serem aceitos pelos idosos?
- Como os robôs podem oferecer suporte social?
- É melhor quando as máquinas simulam contato visual com as pessoas?
- Os idosos preferem que os robôs possam conversar?

Os robôs provavelmente realizarão muitas tarefas de cuidados aos idosos dentro de uma década, mesmo assim algumas atividades ainda exigem cuidadores humanos e há pessoas para quem a robótica assistiva nunca será a resposta, mas provavelmente os robôs ajudarão os idosos a envelhecer com mais qualidade de vida (STEPTOE et al., 2013).

Em uma pesquisa realizada pela *University College London*, cerca de 90% das pessoas com mais de 65 anos preferem permanecer em seus domicílios o maior tempo possível. No Brasil, 8% da população tem mais de 65 anos e a previsão é de que este número chegue a 18% em 2050, como ilustra o gráfico da Figura 19 (ONU, 2017).

Mesmo quando um idoso precisa de assistência diária ou cuidados de saúde regulares, mais de 80% ainda preferem permanecer em sua própria casa. Há alguns anos se usava o termo envelhecimento como possível tendência, hoje isso já é comprovado por estudos, onde apenas uma pequena minoria prefere se mudar para uma instalação onde presta cuidados de saúde e companheirismo, como um parente ou a casa para idosos (STEPTOE et al., 2013).

Um estudo do *University College London* sobre o impacto da solidão e do isolamento alerta para alguns problemas causados pela "vida

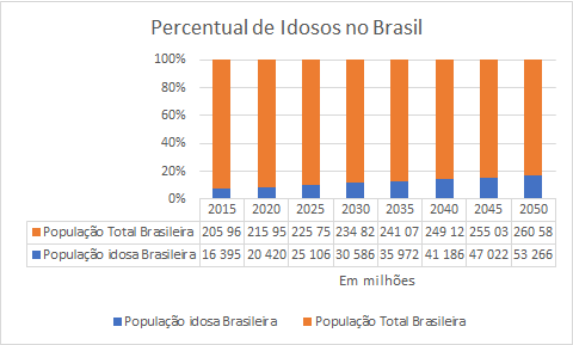

Figura 19 – Percentual de idosos no Brasil.
Fonte:ONU

sozinha". Por exemplo, a solidão e pouca interação com a família e os amigos podem diminuir drasticamente a vida de uma pessoa (SHANKAR et al., 2017).

Mesmo para idosos que não necessitam de auxilio de saúde, a falta de companheirismo é evidente. Para solucionar esse tipo de problema a empresa *Blue Frog Robotics* desenvolveu o Buddy (ROBOTICS, 2016).

A empresa acredita que Buddy, ilustrado na Figura 20, pode ser um excelente companheiro para idosos, pois pode garantir o bem-estar dos idosos em casa, proporcionando interação e assistência social, além de lembrá-los sobre eventos, compromissos e ações. Além disso, pode ajudar os cuidadores monitorando as casas dos idosos que escolhem viver sozinhos (ROBOTICS, 2016).

Figura 20 – Buddy.
Fonte: Blue Frog Robotics

O Buddy pode ainda detectar quedas e atividades incomuns e

fornecer lembretes de medicação, ajudar a aliviar a solidão dos idosos com interação social podendo acessar tecnologias de comunicação, como o Skype e o Facetime, com muita simplicidade (ROBOTICS, 2016).

Participantes de um estudo recente realizado pelo *Media Effects Research Laboratory do College of Communications de Penn State*, indica que os idosos aprovam o uso de robôs quando se trata de auxiliar em necessidades físicas, de informação, de entretenimento e de interação (BELISARIO, 2017).

Muito além de ajudar na mobilidade, os robôs podem ser usados para manter os idosos envolvidos social, emocional e mentalmente.

Conhecido como o primeiro robô social do mundo, o Jibo é um pequeno robô de mesa com estilo bem arrojado. Ao contrário do Pepper, o Jibo, ilustrado na Figura 21, não pode se mover pelo ambiente, sua cabeça e seu corpo conseguem rodar de forma independente lhe dando certa interação. Ele fala e demonstra emoções usando a tela em sua cabeça, além disso possui câmeras e microfones para manter as crianças entretidas, tira retratos de família e utiliza lembretes para ajudar as pessoas idosas, por exemplo, a não esquecer de tomar um remédio. O objetivo do Jibo é ser um mini robô companheiro (GUIZZO, 2014).

Figura 21 – Jibo.
Fonte: Jibo

O Japão ainda concentra a grande maioria dessa tecnologia. O Ministério da Economia, Comércio e Indústria daquele país previa que a indústria de serviços robóticos crescerá cerca de US$ 4 bilhões anualmente em 2035, o que é cerca 25 vezes seu nível atual (MINAMI, 2017).

Outras nações da Europa e os EUA também estão acelerando o desenvolvimento e adoção de robôs para cuidados e interação.

Como exemplo existe o Care-o-bot, ilustrado na Figura 22, do *Fraunhofer IPA*. Este robô foi implantado em várias instalações de vida assistida na Alemanha usado para transportar comida e bebidas, assim como manter as pessoas entretidos ao jogar memória para manter suas

mentes em atividade, além de auxiliar com a culinária ou com a limpeza (JOHN; RIGO; BARBOSA, 2016).

O *Care-o-bot* interage com as pessoas de forma respeitosa, além de respostas rápidas também demonstra o que entendeu e o que pretende fazer, ao mesmo tempo em que pode fazer gestos simples e refletir emoções (JOHN; RIGO; BARBOSA, 2016).

Figura 22 – Care-o-bot 4.
Fonte: Care o bot

Nesta mesma linha existe o robô de cuidados de idosos Dinsow da *Ct Asia Robotics*, ilustrado na Figura 23, que atua como um assistente pessoal. Assim como outros modelos citados ele auxilia o ser humano a se lembrar de tomar remédios, rastrear sua saúde e responder automaticamente às chamadas recebidas da família e dos médicos. Em 2015 foi lançado o Dinsow Mini, que é pequeno o suficiente para viver no repouso noturno de pacientes acamados, monitorando os mesmos (ASIA, 2017).

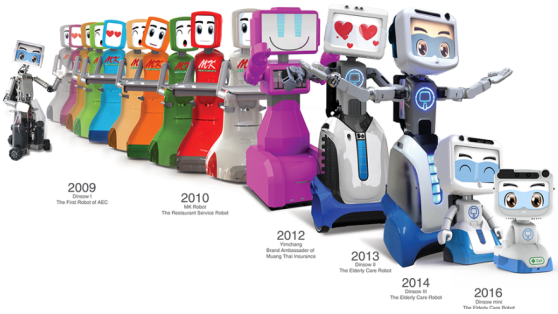

Figura 23 – Evolução do Dinsow.
Fonte: Ctasiarobotics

O Elli Q, ilustrado na Figura 24, é um sistema similar ao Dinsow, disponibilizado em dezembro de 2016 nos Estados Unidos. É basicamente um robô interativo com um tablet integrado. Como o Dinsow, o Elli Q rastreia o regime de comprimidos dos usuários e os conecta com familiares, amigos e profissionais médicos por meio de vídeo chamadas e mídias sociais. Também atua como um companheiro (ROBOTICS, 2017b).

O Elli Q também pode verificar o clima e sugerir atividades ao ar livre para que seu usuário não fique parado por períodos prolongados. Mais importante ainda, o sistema do Elli Q utiliza aprendizado de máquina para descobrir as preferências e peculiaridades do usuário. Em seguida, ele pode fazer recomendações de atividades pró-ativas com base no que sabe que seu usuário desfruta (ROBOTICS, 2017b).

Figura 24 – ELLI Q.
Fonte: Intuition Robotics

ELLI Q é um companheiro para o momento do envelhecimento que tem por finalidade manter os idosos mais ativos em relação a interação social, permitindo usar uma vasta gama de tecnologias como, por exemplo, bate-papos de vídeo, jogos online e redes sociais para se conectar com famílias e amigos (ROBOTICS, 2017b).

ELLI Q participa de atividades como conversas de vídeo, músicas ou *audiobooks*, recomendando atividades no mundo físico, como dar um passeio depois de assistir à televisão por um longo período de tempo, manter compromissos e tomar medicamentos na hora certa, assim como conectar-se com a família através de tecnologia como bate-papo como o Facebook ou Messenger (ROBOTICS, 2017b).

Às vezes, pessoas idosas que moram sozinhas não precisam ape-

nas de um pequeno amigo, elas também precisam de um tutor. Para casos como este, existem modelos como o cachorro robótico Miro, ilustrado na Figura 25, que é um companheiro canino mecanizado, como o Aibo, mas com mais funcionalidades. Como os outros robôs descritos nesta dissertação, ele administra o uso de medicamentos, lembretes de compromissos e também monitora a saúde dos idosos (ROBOTICS, 2017a).

Figura 25 – Miro.
Fonte: Consequential Robotics

O Miro trabalha com uma pulseira biométrica que monitora o idoso rastreando sinais vitais, enviando esses dados para um cuidador, por exemplo, que poderá ver a frequência cardíaca e temperatura corporal. Também pode trabalhar em conjunto com câmeras de monitoramento e sensores IOT (Internet das Coisas, do inglês *Internet of Things*) (ROBOTICS, 2017a).

Usado em lares de idosos japoneses desde 2003, o Paro ilustrado na Figura 26, é baseado em um filhote de foca para ser um animal de estimação robótico. Ele responde a movimentos reais a estímulos táteis, assim como também reconhece temperatura, postura e luz e responde a alguns comandos de voz. É muito utilizado para tratamento de depressão, por exemplo. É considerado um robô de apoio contra o isolamento social dos idosos (SABANOVIC et al., 2013).

É perceptível o grande aumento de assistentes pessoais no mercado, muito por causa do isolamento social e isso é apenas mais uma das tendências atuais.

Figura 26 – Paro.
Fonte: Paro Robotics

3.3.4 Tendências Atuais

Como exemplo da tendência do aumento de robôs assistentes pessoais, pode ser citado o Xperia Hello, que nada mais é que a mistura de um robô doméstico com todas as ferramentas de multimídia assim como outras funcionalidades interessantes (SONY, 2017).

Lançado no ano de 2016, pela Sony, possui uma tela vertical de 4,6 polegadas para mostrar informações importantes para o dia a dia e compreender comandos, como por exemplo verificar o clima, ou então fazer vídeo-chamadas ou pesquisas na internet. O Hello mostrado na Figura 27 é capaz de girar seu corpo, demostrar e expressar emoções de forma simples e amigável (SONY, 2017).

Figura 27 – Xperia Hello.
Fonte: (SONY, 2017)

Outro robô que surgiu recentemente no mercado, oriundo da empresa Roobo, é o Domgy, ilustrado na Figura 28. Entre seus diferenciais, ele consegue superar os obstáculos mais simples dentro de casa. Quando sua bateria está fraca ele volta para a sua estação de carga automaticamente (BORENSTEIN; ARKIN, 2017).

Figura 28 – Domgy.
Fonte: ROOBO

Domgy possui um rosto *touchscreen* e uma cabeça arredondada, com dois grandes olhos animados que servem para ponto de acesso aos aplicativos do mesmo, ele consegue responder com variações de humor. Por exemplo, se estiver emburrado ou feliz (BORENSTEIN; ARKIN, 2017).

Esse pequeno robô possui um sistema de IA bem avançado, capaz de identificar membros da família, com isso ele é capaz de cumprimentar as pessoas e até fazer os mesmos seguirem regras (ROOBO, 2017).

Devido ao reconhecimento facial e uma câmera de 5M é possível utilizar o Domgy como um vigia em casa, já que ele pode identificar quando um estranho invade a casa, alertando assim a família (ROOBO, 2017).

A bateria do Romby pode durar até 6 horas de uso com a carga total, e ele se locomove a uma velocidade máxima de 5 km por hora (ROOBO, 2017).

Outro integrante desse mercado e com grandes expectativas é o Zenbo da ASUS, ilustrado na Figura 29. O Zenbo é um robô auxiliar capaz de controlar toda uma casa, além de tirar fotos e fazer pesquisas na Internet, pode ser um ajudante de cozinha na preparação de receitas,

é capaz de fazer ligações, realizar compras online, contar histórias e interagir com outros objetos conectados, como televisores, lâmpadas e portas (ASUS, 2017).

Figura 29 – Zenbo.
Fonte: (ASUS, 2017)

O Zenbo utiliza a locomoção por rodas, por isso necessita de planos lisos para se locomover. É tido como um robô doméstico e possui na sua cabeça arredondada uma tela *touchscreen* como o Domgy, que na maioria do tempo fica mostrando seu rosto, mas também pode ser usada para expor informações (ASUS, 2017).

Por ser na maioria das vezes controlado, por comando de voz é ideal para idosos e crianças que não tenham tanta afinidade com a tecnologia. Ele ainda pode fazer videoconferências, além de possuir uma câmera de vigilância que detecta, por exemplo, uma queda e informa a uma pessoa responsável do acontecido (ASUS, 2017).

Assim como o Zenbo, considerado um Robô doméstico, o Aido ilustrado na Figura 30, é um robô doméstico pessoal interativo que basicamente pode ser considerado um pacote all-in-one que integra automação residencial, segurança, assistência, entretenimento, além de ser inteligente e interativo, esse pequeno robô móvel pode interagir com crianças e ajudar em tarefas diárias em casa, assim como na segurança da residência (MARTINEZ-MARTIN; POBIL, 2017).

Figura 30 – Aido.
Fonte: Start Engine

As perspectivas de mercado, segundo pesquisa da *BI Inteligence*, para robôs serem usados por consumidores e empresas está previsto para aumentar nos próximos anos, a pesquisa aponta que o mercado de robótica de serviços deverá crescer de US$ 5,6 bilhões em 2014 para US$ 22,5 bilhões em 2021 em um CAGR (*Compound Annual Growth Rate*) que é a taxa de crescimento anual composta, de 18,8% (INSIDER, 2015).

Ainda, segundo a pesquisa da *BI Inteligence*, os dispositivos domésticos conectados tendem a crescer em um CAGR de 67% nos próximos 5 anos com receitas anuais em torno de US$ 490 Bilhões até 2019, tendo em vista que os custos de componentes como sensores diminuíram até 100 vezes na última década (INSIDER, 2015).

Um bom exemplo da adoção do consumidor a robôs domésticos, é o aspirador robótico Roombas, ilustrado na Figura 31, que já vendeu 14 milhões de unidades desde o seu lançamento. A previsão para a venda de robôs pessoais é de cerca de 31 milhões até 2019 (INSIDER, 2015).

Figura 31 – Roomba.
Fonte: IROBOT

No Brasil, foi lançado no ano de 2017 o Tinbot, ilustrado na

Figura 32, da empresa DB1 Global Software, e segundo a empresa ele poderá atuar como assistente pessoal, professor de inglês, intérprete, salva-vidas e muitas outras funções (SOFTWARE,). Segundo Inforchannel (2017), é mais fácil uma máquina apontar os erros e eles serem melhores aceitos pelos funcionários do que por seu supervisor. O Tinbot é livre para cobrar a equipe com a firmeza necessária de um Scrum Master (gerente de projetos), sem causar antipatia.

Figura 32 – Tinbot.
Fonte: Inforchannel (2017)

A RA é normalmente utilizada em residências visando na maioria das vezes aumentar a socialização dos moradores, sendo também utilizada como reabilitação e assistência demonstrando benefícios terapêuticos, ajudando desde a realização de tarefas complicadas como locomoção até uma simples escovação dentaria. A RA é uma área que presta assistência aos seus usuários para aumentar a qualidade de vida dos mesmos (MATARIĆ, 2007).

4 PROJETO E DESENVOLVIMENTO DO ROBÔ ASSISTENTE

Neste capítulo é descrito o projeto e o desenvolvimento do robô assistente. O capítulo inicia descrevendo o projeto do robô proposto nesta dissertação. Para fins de avaliação, e, com base no projeto proposto, o capítulo também descreve o protótipo do robô assistente desenvolvido.

4.1 PROJETO DO ROBÔ ASSISTENTE

A Organização Internacional de Normalização (ISO do inglês *International Organization for Standardization*), organização independente que estabelece padrões para 164 países membros, criou um novo padrão (ISO13482) para garantir que as interações entre robôs cuidadores e humanos sejam seguras (JACOBS; VIRK, 2014).

O padrão ISO 13482 para robôs de serviço, define dentre outras regras três categorias de robôs que interagem com seres humanos, são elas: i) *robô assistente físico*; ii) *robô empregado móvel*; iii) *robô transportador de pessoas* (JACOBS; VIRK, 2014). Com base nesta definição é necessário saber quais as principais características que um robô precisa ter para ser considerado um robô assistente.

Um robô, para poder ser considerado assistente, precisa realizar alguma atividade de apoio, para isso necessita:

- se locomover pelo ambiente- portanto faz-se necessário um sistema de locomoção. Conforme abordado no capítulo 3, existem várias formas de um robô se locomover, mas para o ambiente que este trabalho se propõe, que é a residência de um idoso, o uso de rodas é o mais desejável, já que normalmente as residências tem piso plano e rodas possuem um bom desempenho neste tipo de piso. A Figura 33 exemplifica um sistema de locomoção por rodas.

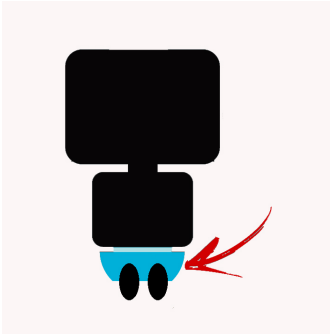

Figura 33 – Sistema de locomoção.
Fonte: Freeimagens (2017), modificada pelo autor

- de informações sobre o ambiente- a maneira com que um robô faz leitura de um ambiente é através de sensores. Existem vários tipos de sensores que podem ser utilizados em robôs assistivos, como por exemplo, sensores de contato, sensores de infravermelho, sensores ultrassônicos, entre outros. Usar o sensoriamento em um robô assistente é muito importante, por que é através destes sensores que são possíveis captar as informações que serão processadas pelo robô, como por exemplo a detecção de obstáculos podendo assim se locomover pela casa do idoso evitando colisões. A Figura 34 exemplifica o uso sensores em um robô.

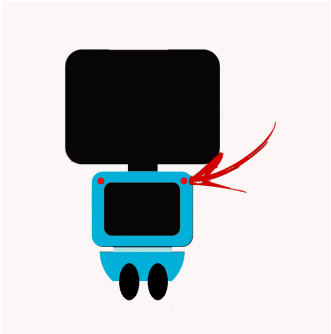

Figura 34 – Uso de sensores.
Fonte: Freeimagens (2017), modificada pelo autor

- um sistema de controle- um circuito eletrônico que recebe e processa as informações captadas pelos sensores e a partir delas toma

decisões sobre como o robô deve se comportar diante de determinada situação. A Figura 35 exemplifica um sistema de controle de um robô.

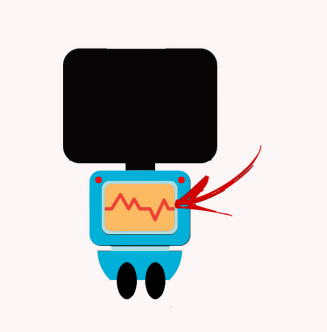

Figura 35 – Sistema de controle.
Fonte: Freeimagens (2017), modificada pelo autor

- enviar informações para o usuário- por isso é necessário a interação entre o robô e o usuário a partir de uma interface entre o robô e o usuário. O envio de informações para o usuário podem ser feito de várias maneiras, dentre elas, por mensagens de texto, uso de imagens e cores na própria interface ou mensagens de voz por exemplo. A Figura 36 exemplifica uma interface de um robô.

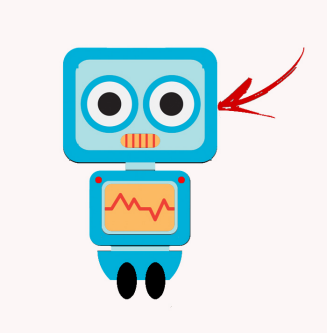

Figura 36 – Exemplo de interface para um robô assistente.
Fonte: Freeimagens (2017), modificada pelo autor

- ser totalmente autônomo ou ser controlado, dependendo da situação que se encontra. Para isso deve ser possível alterar entre as duas funções de maneira simples pelo usuário.

- ser alimentado por alguma fonte de energia.

O robô proposto será estruturado de acordo com o diagrama da Figura 37.

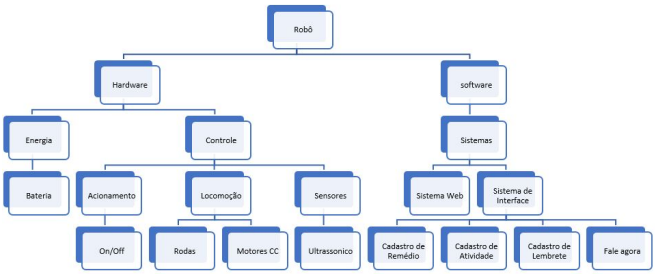

Figura 37 – Estrutura do robô assistente proposto.
Fonte: Elaborada pelo autor

O robô projetado utiliza sensores ultrassônicos e se locomove pelo ambiente através do uso de rodas, acionadas por motores de corrente contínua.

O robô projetado funciona em modo autônomo e também pode ser controlado manualmente através do uso de um aplicativo *Android* via *Bluetooth*, a depender da necessidade do usuário.

Para a interação com os idosos foi projetado um software com uma interface que recebe informações cadastradas através do próprio robô ou via web através de um browser, que acessa um banco de dados em um servidor. O sistema do robô transmite as mensagens faladas. As Figuras 38 e 39 ilustram os diagramas de caso de uso do sistema web e sistema de interface do robô e suas funcionalidades.

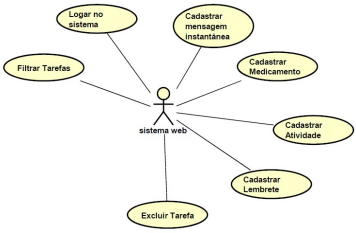

Figura 38 – Diagrama de caso de uso do sistema WEB.
Fonte: Elaborada pelo autor

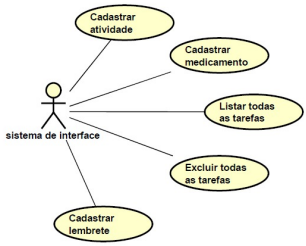

Figura 39 – Diagrama de caso de uso do sistema de interface.
Fonte: Elaborada pelo autor

A escolha das cores para o robô proposto foi baseada em alguns estudos, com isso foram escolhidas cores vibrantes para melhor visualização e interação do idoso já que na terceira idade a visão pode sofrer algumas alterações, sendo que as principais são:

- visão turva;
- com 80 anos a capacidade de captar as informações e transmitilas cai em 75%, comparado com a visão aos 25 anos, a pupila fica menor e a distância focal aumenta;
- no olho do idoso o cristalino fica mais denso e absorve mais tons de azul, assim, ele passa a enxergar mais amarelo;
- aumento da sensibilidade a ofuscamento (ficando menos tolerante a brilhos).

Pelas razões citadas, o local onde residem idosos precisa de praticamente o dobro de luz que o usual. Essa luz também deve ser mais branca-azulada, com temperatura de cor mais elevada. Como os idosos caminham olhando para baixo, sinalizações e placas devem ficar nessa parte do campo visual (ALVES, 2017).

O robô assistente proposto utiliza as cores azuis e laranja e sua interface contrasta tons de azul para ser melhor visualizado pelo idoso. Após definir como deve ser a estrutura física e de software do robô foi desenvolvido um protótipo. O robô assistente projetado está ilustrado na Figura 40.

Figura 40 – Imagem do robô assistente desenvolvido.
Fonte: Elaborada pelo autor

4.2 DESENVOLVIMENTO DO ROBÔ

O protótipo foi construído utilizando materiais fáceis de serem encontrados no mercado, sua base é feita de polietileno, com eixo de metal e duas hastes de ferro, ele é todo revestido de eprom, um tipo de isopor compactado mais resistente que o isopor normal.

O robô possui uma base de 39 cm de largura por 35 cm comprimento, um eixo de 37 cm, com diâmetro das rodas de 15 cm e altura de 1,29 metros, com peso aproximado de 10 quilos.

Na parte superior do robô encontra-se sua "cabeça" formada por um suporte de 30 cm de largura por 25 cm de comprimento, onde é fixado um tablet de 7 polegadas que funciona como IHM (Interação Humano Máquina).

Na parte interna do robô encontra-se a placa de controle dos sensores e atuadores. A Figura 41 ilustra a placa de controle, os detalhes desta placa estão descritos no Apêndice C.

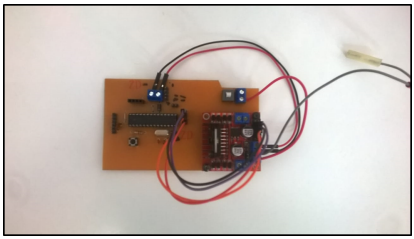

Figura 41 – Placa de controle desenvolvida.
Fonte: Elaborada pelo autor

O sistema do robô é dividido em três partes que são:

- sistema web, que é uma aplicação desenvolvida na linguagem PHP;
- sistema de interface, que é um aplicativo Android, responsável pela interação humano máquina (robô-idoso);
- sistema de controle responsável pela movimentação do robô pelo ambiente.

4.3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLE DO ROBÔ

O robô se movimenta através de duas rodas movidas por dois motores CC, de forma autônoma, desviando de objetos. Os sensores ultrassônicos detectam a presença de objetos na faixa de 10 cm (mínimo) e 1,80 m (máximo). Os motores, assim como todo o circuito de controle, são alimentados por uma bateria de 12 volts. A Figura 42 ilustra o diagrama de funcionamento do sistema de controle do robô.

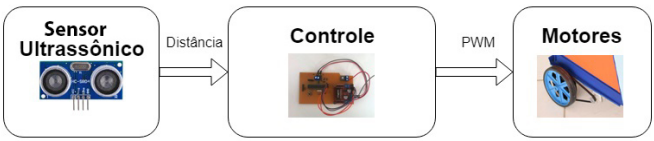

Figura 42 – Diagrama de funcionamento do sistema de controle.
Fonte: Elaborada pelo autor

A placa de controle recebe informações dos sensores ultrassônicos analisa as informações e define qual direção o robô deve tomar para

evitar a colisão. O resultado do controle é um sinal PWM enviado aos motores.

O sistema de controle é reativo e totalmente autônomo, e não interage com os outros sistemas (WEB e IHM).

4.4 DESCRIÇÃO DO SISTEMA WEB

O robô emite mensagens de voz programadas que são incluídas ou, através do próprio sistema do robô via interface ou através de um aplicativo web que acessa remotamente o banco de dados onde são armazenadas as informações que serão ditas pelo robô. A imagem da Figura 43 ilustra o fluxo de mensagens de todo o sistema do robô assistente.

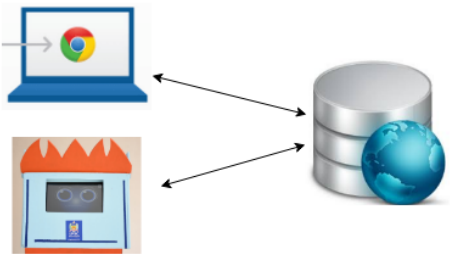

Figura 43 – Fluxo de dados entre o sistema e o banco de dados.
Fonte: Elaborada pelo autor

As mensagens enviadas possuem no máximo 900 caracteres e são utilizadas para avisar o idoso sobre algum tipo de tarefa que o mesmo deve fazer, por exemplo, tomar algum medicamento em um certo horário, fazer uma atividade física ou comer uma determinada refeição.

A aplicação web desenvolvida exige que o usuário possua login e senha para acessar as informações do robô, conforme ilustra a Figura 44. O banco de dados sincroniza as informações enviadas pelo aplicativo Android ou pelo sistema web a cada 40 segundos.

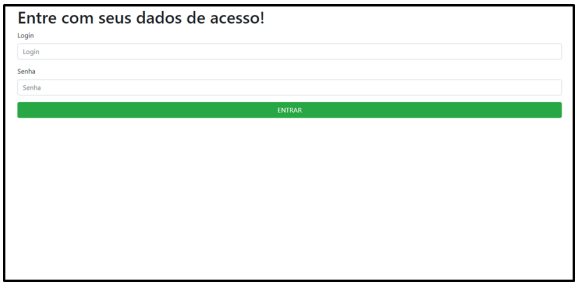

Figura 44 – Tela inicial para login de usuário.
Fonte: Elaborada pelo autor

Assim que o usuário acessa o sistema, visualizará a página de *Tarefas Cadastradas*, como ilustra a Figura 45, onde o mesmo poderá escolher entre os tipos de tarefas *Cadastrar Medicamento*, *Cadastrar Atividades*, *Cadastrar Lembrete* e por fim , a opção *Fale Agora*, que permite enviar uma mensagem instantaneamente.

Figura 45 – Tela de tarefas cadastradas.
Fonte: Elaborada pelo autor

Se o usuário escolher a opção *Cadastrar Medicamento*, ele será redirecionado a outra tela como demonstra a Figura 46, onde irá definir o nome, o horário, a data, o tipo de repetição, bem como a mensagem que será falada pelo robô.

Figura 46 – Tela para cadastrar medicamento.
Fonte: Elaborada pelo autor

Se o usuário escolher a opção *Cadastrar Atividade* ele será redirecionado a outra página como demonstra a Figura 47, onde poderá cadastrar uma nova atividade assim como em *Cadastrar Medicamento*.

Figura 47 – Tela para cadastrar atividade.
Fonte: Elaborada pelo autor

Se o usuário escolher a opção *Cadastrar Lembrete*, será redirecionado a uma página como demonstra a Figura 48, onde poderá cadastrar um lembrete. Este poderá ser usado como uma forma de despertador.

Figura 48 – Tela para cadastrar lembrete.
Fonte: Elaborada pelo autor

Se o usuário escolher a opção *Fale Agora* ele será redirecionado a uma página como demonstra a Figura 49, onde poderá escrever uma mensagem que o robô falará imediatamente, por exemplo, o responsável pode pedir que o robô diga ao idoso que ele deve atender o telefone.

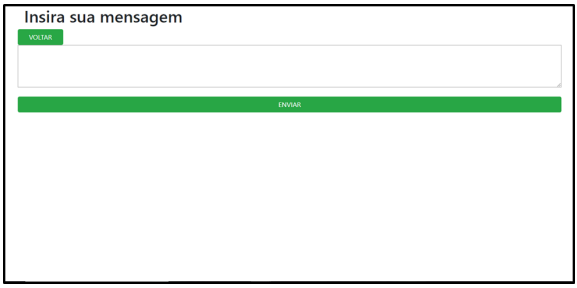

Figura 49 – Tela para cadastrar mensagem instantânea.
Fonte: Elaborada pelo autor

A tela inicial para *Cadastrar Tarefa* lista todas as atividades inseridas como ilustra a Figura 50, além disso mostra o tipo de tarefa que pode ser: M - para medicamento, A - para atividade e L - para lembrete.

Figura 50 – Tela Inicial com lista de tarefas cadastradas.
Fonte:Elaborada pelo autor

O sistema permite filtrar as tarefas por tipo. A Figura 51 ilustra a tela de filtragem de mensagens.

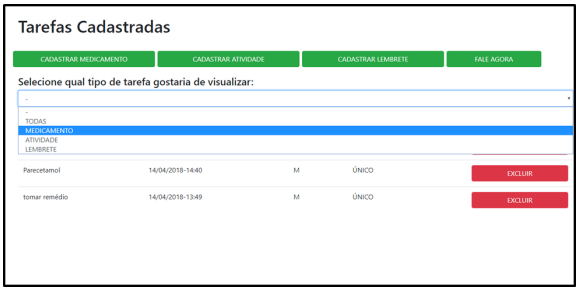

Figura 51 – Tela Inicial com opção de filtragem por tipo de tarefas.
Fonte: Elaborada pelo autor

Todas as funcionalidades exceto, o *Fale Agora*, são possíveis de serem executadas em modo *offline* (sem conexão com internet) no robô através de seu sistema de interface.

4.5 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE INTERFACE DO ROBÔ

A interface do robô é composta por um Tablet de 7 polegadas que executa um aplicativo responsáveis pela IHM, sendo representada por uma carinha simpática como mostra a Figura 52. A interface possibilita que o robô mexa os olhos e a boca, essas características são fundamentais para dar mais realismo ao robô. Na parte superior direita é possível visualizar um pequeno menu que ao ser selecionado abrirá as opções da interface. O cadastro de tarefas realizado via interface do robô, não necessita acessar o servidor para funcionar. Neste caso o sistema tra-

balha em modo offline, ou seja, somente com as tarefas cadastradas no próprio aplicativo.

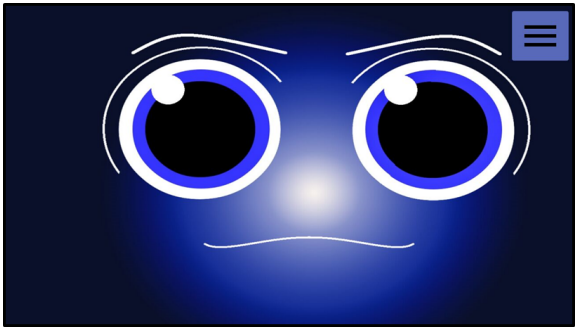

Figura 52 – Interface IHM do robô.
Fonte: Elaborada pelo autor

Acessando o menu é aberta a tela de cadastro das tarefas, conforme ilustra a Figura 53. Nela é possível escolher o tipo de mensagem que o robô irá falar. Assim como no aplicativo web, o usuário tem as opções de classificar a mensagem como medicação, atividade ou lembrete, depois disso dar um nome a tarefa, escrever a mensagem que o robô irá dizer e selecionar a data inicial, assim como o horário que a mensagem deve ser dita e se a mesma deve ser repetida diariamente, semanalmente ou se ela somente será processada uma única vez como exemplificado na Figura 54.

Figura 53 – Cadastro de mensagens no aplicativo do robô.
Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 54 – Configurações do aplicativo.
Fonte: Elaborada pelo autor

Após o usuário salvar a tarefa é possível listar todas as atividades cadastradas. A Figura 55 exemplifica um relatório de tarefas cadastradas.

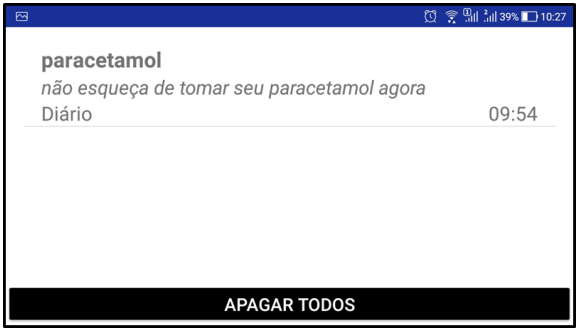

Figura 55 – Lista de atividades cadastradas.
Fonte:Elaborada pelo autor

A interação humano-máquina é fundamental para que os idosos aceitem a tecnologia e possam usufruir dela com qualidade (RENAUD; BILJON, 2008).

O protótipo foi desenvolvido com materiais de baixo custo e é capaz de se locomover pelo ambiente, detectar e desviar de obstáculos, podendo também ser controlado remotamente, recebendo informações tanto da sua própria interface, como via web, processando as informações e através de fala sintetizada enviar as mensagens ao idoso. O robô também pode servir como companhia para acalentar a solidão dos idosos.

5 AVALIAÇÃO DO ROBÔ ASSISTENTE

Neste capítulo são apresentados os resultados das avaliações realizadas com o protótipo. As avaliações realizadas são: de desempenho, funcionais, de usabilidade e unidade.

5.1 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

Com o objetivo de validar o robô assistente proposto e desenvolvido neste trabalho, serão realizadas as seguintes avaliações: de desempenho, funcional, de unidade e de usabilidade.

5.1.1 Avaliação de Desempenho

A avaliação de desempenho se divide em 3 tipos:

- **avaliação de carga**: avalia o software sob as condições normais de uso. Exemplo: o tempo de resposta, o número de transações por minuto, usuários simultâneos, entre outros.

- **avaliação de *stress***: avalia o software sob condições extremas de uso, tais como o volume de transações e picos excessivos de carga em curtos períodos de tempo.

- **avaliação de estabilidade**: avalia se o sistema se mantém funcionando de maneira satisfatória após um período de uso.

Inicialmente foi realizada uma avaliação de carga, onde foram enviadas ao servidor 3 mensagens, cada uma com um intervalo de 5 minutos entre elas. Todas as mensagens foram recebidas e executadas pelo sistema, independentemente do Sistema Operacional. A Tabela 1 lista os dados da avaliação de carga.

Tabela 1 – Resultados da avaliação de carga.

Avaliação 1 : 3 mensagens enviadas com intervalo de 5 minutos entre elas	
Sistema	Resultado
Android 7.0	Todas as mensagens foram recebidas e lidas pelo sistema
Android 4.0	Todas as mensagens foram recebidas e lidas pelo sistema

Fonte: Elaborada pelo autor

Na segunda avaliação de carga, foram enviadas ao servidor 3 mensagens, cada uma com um intervalo de 1 minuto entre elas. Todas as mensagens foram recebidas e executadas pelo sistema, independentemente do Sistema Operacional. A Tabela 2 lista os dados da segunda avaliação de carga.

Tabela 2 – Resultados da segunda avaliação de carga.

Avaliação 2 : 3 mensagens enviadas com intervalo de 1 minutos entre elas	
Sistema	Resultado
Android 7.0	Todas as mensagens foram recebidas e lidas pelo sistema
Android 4.0	Todas as mensagens foram recebidas e lidas pelo sistema

Fonte: Elaborada pelo autor

A terceira avaliação foi de *stress*, onde foram enviadas ao servidor 3 mensagens, com horário de execução simultâneo. Neste caso, todas as mensagens foram recebidas pelo sistema, mas somente a aplicação instalada no Android 7.0 executou as mensagens conforme o previsto. Na versão do Android 4.0 somente a última mensagem foi executada, apesar de todas terem sido recebidas. Os resultados mostram que versões mais antigas do Sistema Operacional interferem no desempenho da aplicação. A Tabela 3 lista os resultados da avaliação de *stress*.

Tabela 3 – Resultados da avaliação de *stress*.

Avaliação 3 : 3 mensagens enviadas simultaneamente	
Sistema	Resultado
Android 7.0	Todas as mensagens foram recebidas e lidas pelo sistema
Android 4.0	Todas as mensagens foram recebidas pelo sistema mas somente a última foi lida.

Fonte:Elaborada pelo autor

Foi realizado outra avaliação de carga considerando acessos simultâneos a aplicação web. Inicialmente com apenas 2 mensagens enviadas simultaneamente de *browsers* diferentes. Nesta avaliação todas as mensagens foram recebidas e armazenadas pelo sistema. A Tabela 4 lista os resultados obtidos com a avaliação de carga de acessos simultâneos.

Tabela 4 – Resultados da avaliação de carga de acessos simultâneos.

Avaliação 4 : 2 mensagens enviadas simultaneamente	
Sistema	Resultado
Web	Todas as mensagens foram recebidas e armazenadas

Fonte: Elaborada pelo autor

Também foi realizada uma segunda avaliação de carga com acessos simultâneos à aplicação web, onde 5 mensagens foram enviadas simultaneamente de *browsers* diferentes. Todas as mensagens foram recebidas e armazenadas pelo sistema. A Tabela 5 lista os resultados da avaliação de carga com acessos simultâneos.

Tabela 5 – Resultados da segunda avaliação de carga de acessos simultâneos.

Avaliação 5 : 5 mensagens enviadas simultaneamente	
Sistema	Resultado
Web	Todas as mensagens foram recebidas e armazenadas

Fonte: Elaborada pelo autor

Foi realizada a avaliação de *stress* com acessos simultâneos a aplicação web, onde 10 mensagens enviadas simultaneamente de *browsers* diferentes. Todas as mensagens foram recebidas e armazenadas pelo sistema. A Tabela 6 lista os resultados da avaliação de *stress* com acessos simultâneos.

Tabela 6 – Resultados da avaliação de *stress* com acessos simultâneos.

Avaliação 6 : 10 mensagens enviadas simultaneamente	
Sistema	Resultado
Web	Todas as mensagens foram recebidas e armazenadas

Fonte: Elaborada pelo autor

Para avaliar a estabilidade, o sistema foi utilizado por 15 dias consecutivos, sendo que todas as tarefas foram realizadas conforme o previsto.

5.1.2 Avaliação Funcional

Neste tipo de avaliação é verificado se as principais funcionalidades do sistema estão corretas. Foram realizados 6 avaliações sobre algumas funções do sistema do robô.

1ª Avaliação Funcional: função *Cadastrar Medicamentos*.

Foram cadastradas repetidamente 100 mensagens nesta função sendo que todas foram executadas com êxito como demonstra o gráfico da Figura 56.

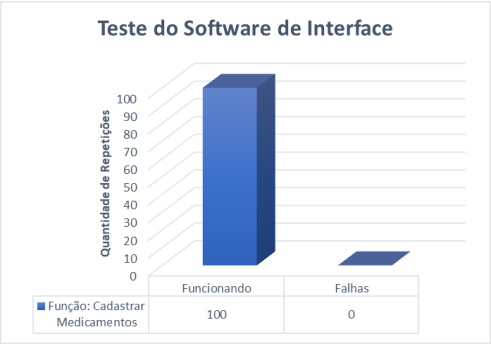

Figura 56 – Avaliação de 100 repetições da função *Cadastrar Medicamentos*.
Fonte: Elaborada pelo autor

2ª Avaliação Funcional: função *Cadastrar Atividades*.

Foram cadastradas repetidamente 100 mensagens nesta função sendo que todas foram executadas como demonstra o gráfico da Figura 57.

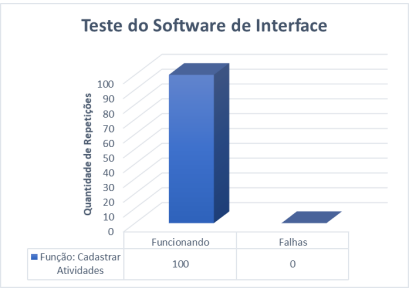

Figura 57 – Avaliação de software com 100 repetições da função *Cadastrar Atividades*.
Fonte: Elaborada pelo autor

3ª Avaliação Funcional: função *Cadastrar Lembretes*.

Foram cadastradas repetidamente 100 mensagens nesta função sendo que 99% foram executadas com êxito como demonstra o gráfico da Figura 58.

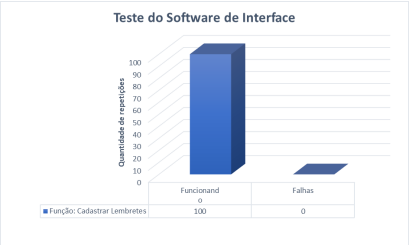

Figura 58 – Avaliação de software com 100 repetições da função *Cadastrar Lembrete*.
Fonte: Elaborada pelo autor

4ª Avaliação Funcional: função *Fale Agora*.

Foram enviadas repetidamente 100 mensagens nesta função sendo que todas foram executadas com êxito em um intervalo médio de 4 a 10 segundos, com um tempo médio de 7 segundos após o envio da mensagem ao banco de dados. O gráfico da Figura 59 ilustra o resultado da avaliação da função *Fale Agora*.

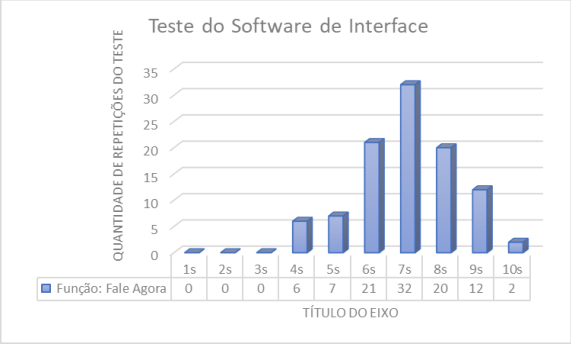

Figura 59 – Avaliação de software com 100 repetições da função *Fale Agora*.
Fonte: Elaborada pelo autor

5ª Avaliação Funcional: função *Intercalar*.

Foram acionadas 100 intercalações entre as funções autônomo e manual, com um êxito de 91% nesta função como ilustra o gráfico da

Figura 60.

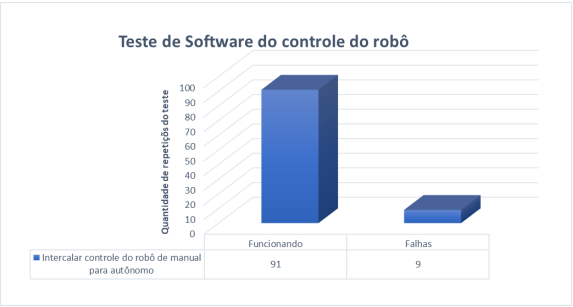

Figura 60 – Avaliação de software de controle do robô - intercalação do controle do robô de manual para autônomo.
Fonte: Elaborada pelo autor

O robô leva em média 1 segundo para mudar do modo manual para autônomo e instantaneamente para fazer o inverso.

6ª Avaliação Funcional: função *Detectar Obstáculos*.

Foram posicionados obstáculos na altura dos sensores em um percurso onde o robô de maneira autônoma, toda vez que se aproximava a uma distância de 30 cm, detectava os obstáculos e evitava a colisão. Essa avaliação foi repetida 100 vezes, com 100% de êxito, como demonstra o gráfico da Figura 61.

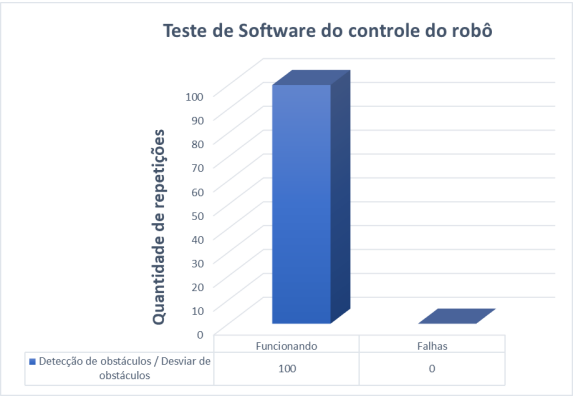

Figura 61 – Teste de software de controle do robô - detecção de obstáculos.
Fonte: Elaborada pelo autor

5.1.3 Avaliação de Unidade

A avaliação de unidade foi feita sobre o sistema de locomoção. Foram avaliadas a velocidade e aceleração do robô nos dois modos (autônomo e controlado manualmente).

A primeira avaliação de velocidade do robô levou em consideração sua velocidade média se movimentando para frente, controlado pelo usuário. Como resultado o robô atingiu uma velocidade média de 0,57 m/s, como ilustra o gráfico da Figura 62.

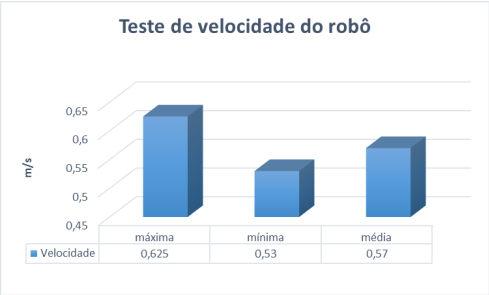

Figura 62 – Avaliação de velocidade do robô manualmente - para frente.
Fonte: Elaborada pelo autor

Também foi avaliada a aceleração média como robô se movimentando para frente, controlado pelo usuário. Como resultado o robô atingiu uma aceleração média de 0,064 m/s^2, como ilustra o gráfico da Figura 63.

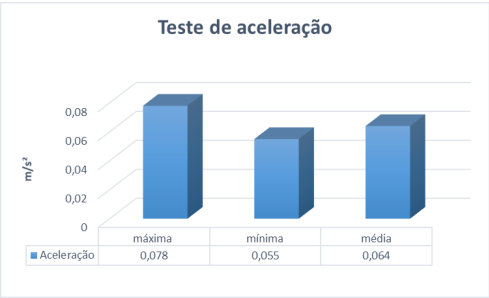

Figura 63 – Avaliação de aceleração do robô manualmente - para frente.
Fonte: Elaborada pelo autor

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

Lucas Borges Castellan

PROPOSTA DE UM ROBÔ ASSISTIVO PARA PESSOAS IDOSAS

Araranguá

2018

Lucas Borges Castellan

PROPOSTA DE UM ROBÔ ASSISTIVO PARA PESSOAS IDOSAS

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Tecnologias da Informação e Comunicação.
Orientador: Prof. Dr. Anderson Luiz Fernandes Perez,
Universidade Federal de Santa Catarina
Coorientadora: Prof. Dr[a] Eliane Pozzebon,
Universidade Federal de Santa Catarina

Araranguá

2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

A ficha de identificação é elaborada pelo próprio autor

Maiores informações em:
http://portalbu.ufsc.br/ficha

Lucas Borges Castellan

PROPOSTA DE UM ROBÔ ASSISTIVO PARA PESSOAS IDOSAS

Esta Dissertação foi julgada aprovada para a obtenção do Título de "Mestre em Tecnologias da Informação e Comunicação", e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação da Universidade Federal de Santa Catarina.

Araranguá, 22 de Junho 2018.

Prof. Dr[a]. Andréa Cristina Trierweiller
Coordenadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Anderson Luiz Fernandes Perez
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr[a]Eliane Pozzebon,
Universidade Federal de Santa Catarina
Coorientadora

Prof. Dr. Fábio Rodrigues de la Rocha
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Giovane Mendonça Lunardi
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr[a]. Rafaela Silva Moreira
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho aos meus pais e a minha filha.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Eloi Castellan e Ivone Borges Castellan, pela criação, educação e pelo oferecimento das condições necessárias para a progressão dos meus estudos. Também deixo um agradecimento muito especial ao meu orientador e amigo Prof. Dr. Anderson Luiz Fernandes Perez, pela excelente orientação concedida e a minha coorientadora Prof. Dr^{a}. Eliane Pozzebon. Ao Laboratório de Automação e Robótica Móvel - LARM, pela estrutura disponibilizada para a realização deste trabalho e a toda equipe do laboratório pela amizade, especialmente aos meus amigos Cristiano Santos Pereira de Abreu, Thiago Raulino Dal Pont, Eduardo Vinicius Hahn e Augusto Scarduelli Prudêncio pela ajuda prestada. Ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação - PPGTIC e a Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Deixo também um agradecimento muito especial para Magali Piva pela amizade, convívio e incentivo na realização deste trabalho, e a minha filha Yasmin Endler Castellan que é minha fonte de inspiração. Agradeço também a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a conclusão deste trabalho.

“Tudo parece impossível até que seja feito”.
(Nelson Mandela)

RESUMO

As tecnologias assistivas vem ganhando destaque nos últimos anos por apresentarem soluções tecnológicas para pessoas com problemas físicos ou mentais, e para pessoas idosas. As Tecnologias Assistivas (TAs) e a robótica estão presentes em diversos produtos que têm o potencial de desempenhar um papel importante na assistência a idosos. Pode-se considerar uma TA qualquer equipamento, produto ou sistema que é usado para aumentar, manter ou melhorar capacidades funcionais das pessoas, desde uma simples bengala até um grande sistema computacional. A partir dessas duas áreas (TA e Robótica), surgiu a Robótica Assistiva (RA), que tem como propósito melhorar as condições de vida das pessoas. Este trabalho propõe um robô assistivo para pessoas idosas. Com o objetivo de avaliar o robô assistivo proposto, foi desenvolvido um protótipo com base em alguns critérios contidos na ISO 13482, uma norma padrão para robôs de serviço. O protótipo desenvolvido é capaz de se locomover pelo ambiente, desviar de obstáculos e transmitir mensagens faladas, alertando o idoso sobre medicamentos que deve ingerir ou atividades que este deve realizar.

Palavras-chave: Robótica Assistiva. Tecnologias Assistivas. Idosos. Robô Assistente.

ABSTRACT

Assistive technologies have been gaining prominence in recent years for presenting technological solutions for people with physical or mental problems and for elderly people. Assistive Technologies (TAs) and robotics are present in several potential products that plays an important role in the care of the elderly. A TA can be considered any equipment, product or system that is used to increase, maintain or improve people's functional capabilities, from a simple cane to a large computer system. From these two areas (TA and Robotics), Assisted Robotics (RA) was born, whose purpose is to improve people's living conditions. This work proposes an assistive robot for the elderly. In order to evaluate the proposed assistive robot, a prototype was developed based on some of the criteria contained in ISO 13482, a standard for service robots. The prototype developed is able to move around the environment, to avoid obstacles and to transmit spoken messages, alerting the elderly about medicines that must ingest or activities that must be done.

Keywords: Assistive Robotics. Assistive Technologies. Seniors. Robot Assistant.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama das etapas a serem realizadas no trabalho.... 30
Figura 2 Exemplo de próteses.... 33
Figura 3 Aplicativo de lente de aumento.... 35
Figura 4 Idoso Recebendo auxílio.... 38
Figura 5 Pato mecânico de Jacques de Vaucanson.... 42
Figura 6 Robô de base fixa.... 45
Figura 7 Robô móvel Pioneer.... 45
Figura 8 Robô aranha com pernas.... 47
Figura 9 Perspectiva populacional.... 50
Figura 10 *Stride Management Assist*.... 51
Figura 11 AWN-03.... 51
Figura 12 PLN-01.... 52
Figura 13 *Power Loader*.... 52
Figura 14 Resyone.... 53
Figura 15 Robobear.... 54
Figura 16 *SoftBank Pepper*.... 54
Figura 17 *Personal Assist Robot- HSR*.... 55
Figura 18 *Care Assist Robot*.... 55
Figura 19 Percentual de idosos no Brasil.... 58
Figura 20 Buddy.... 58
Figura 21 Jibo.... 59
Figura 22 Care-o-bot 4.... 60
Figura 23 Evolução do Dinsow.... 60
Figura 24 ELLI Q.... 61
Figura 25 Miro.... 62
Figura 26 Paro.... 63
Figura 27 Xperia Hello.... 63
Figura 28 Domgy.... 64
Figura 29 Zenbo.... 65
Figura 30 Aido.... 66
Figura 31 Roomba.... 66
Figura 32 Tinbot.... 67

Figura 33 Sistema de locomoção. 70
Figura 34 Uso de sensores. 70
Figura 35 Sistema de controle. 71
Figura 36 Exemplo de interface para um robô assistente. 71
Figura 37 Estrutura do robô assistente proposto. 72
Figura 38 Diagrama de caso de uso do sistema WEB. 72
Figura 39 Diagrama de caso de uso do sistema de interface. 73
Figura 40 Imagem do robô assistente desenvolvido. 74
Figura 41 Placa de controle desenvolvida. 75
Figura 42 Diagrama de funcionamento do sistema de controle. 75
Figura 43 Fluxo de dados entre o sistema e o banco de dados. 76
Figura 44 Tela inicial para login de usuário. 77
Figura 45 Tela de tarefas cadastradas. 77
Figura 46 Tela para cadastrar medicamento. 78
Figura 47 Tela para cadastrar atividade. 78
Figura 48 Tela para cadastrar lembrete. 79
Figura 49 Tela para cadastrar mensagem instantânea. 79
Figura 50 Tela Inicial com lista de tarefas cadastradas. 80
Figura 51 Tela Inicial com opção de filtragem por tipo de tarefas. 80
Figura 52 Interface IHM do robô. 81
Figura 53 Cadastro de mensagens no aplicativo do robô. 81
Figura 54 Configurações do aplicativo. 82
Figura 55 Lista de atividades cadastradas. 82
Figura 56 Avaliação de 100 repetições da função *Cadastrar Medicamentos*. 86
Figura 57 Avaliação de software com 100 repetições da função *Cadastrar Atividades*. 86
Figura 58 Avaliação de software com 100 repetições da função *Cadastrar Lembrete*. 87
Figura 59 Avaliação de software com 100 repetições da função *Fale Agora*. 87
Figura 60 Avaliação de software de controle do robô - intercalação do controle do robô de manual para autônomo. 88
Figura 61 Teste de software de controle do robô - detecção de obstáculos. 88

Figura 62 Avaliação de velocidade do robô manualmente - para frente. 89
Figura 63 Avaliação de aceleração do robô manualmente - para frente. 89
Figura 64 Avaliação de velocidade do robô manualmente - para trás. 90
Figura 65 Avaliação de aceleração do robô manualmente - para trás. 90
Figura 66 Avaliação de velocidade do robô autonomamente - para frente. 91
Figura 67 Avaliação de aceleração do robô autonomamente - para frente. 91
Figura 68 Média de idade dos entrevistados 93
Figura 69 Gênero dos entrevistados 93
Figura 70 Escolaridade dos entrevistados 93
Figura 71 Pergunta 1: você achou fácil de usar a interface do robô? 94
Figura 72 Pergunta 2: você gostou do estilo da interface? 95
Figura 73 Pergunta 3: você já usou alguma interface parecida com esta? 95
Figura 74 Pergunta 4: você achou intuitivo a forma como a interface estava estruturada e conseguiu entender o que era preciso para fazer a atividade solicitada? 96
Figura 75 Pergunta 5 : Se tivesse disponibilidade você usaria uma interface como esta? 96
Figura 76 Pergunta 1: você achou a interface web de fácil utilização? 97
Figura 77 Pergunta 2: você gostou do estilo da interface web? 98
Figura 78 Pergunta 3: você achou intuitivo a forma como a interface estava estruturada e conseguiu entender o que era preciso para fazer a atividade solicitada? 98
Figura 79 Pergunta 4 : Se tivesse disponibilidade você usaria uma interface web como esta? 99
Figura 80 Cognitivo preservado. 100
Figura 81 Nível socioeconômico. 100
Figura 82 Escolaridade. 100
Figura 83 Pergunta 5: Você achou o robô eficiente? 101
Figura 84 Pergunta 6: Você gostaria de ter um robô assistente em

sua casa? 102
Figura 85 PCB parte inferior 130
Figura 86 PCB parte superior 130

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Resultados da avaliação de carga. 83
Tabela 2 Resultados da segunda avaliação de carga. 84
Tabela 3 Resultados da avaliação de *stress*. 84
Tabela 4 Resultados da avaliação de carga de acessos simultâneos. 85
Tabela 5 Resultados da segunda avaliação de carga de acessos simultâneos. 85
Tabela 6 Resultados da avaliação de *stress* com acessos simultâneos. 85

LISTA DE QUADROS

1 Classificação das Tecnologias Assistivas. 37

2 Modelos de Sensores. 44
3 Tipos de Rodas. 48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADA - *American with Disabilities Act*

CC - Corrente Contínua

CSA - Comunicação Aumentativa Suplementar

EUA - Estados Unidos da América

FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos

HTML - *Hypertext Markup Language*

IA - Inteligência Artificial

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDC - *International Data Corporation*

IOT - *Internet of Things*

ISO - *International Organization for Standardization*

LARM - Laboratório de Automação e Robótica Movível

MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

MIT - *Massachusetts Institute of Technology*

ONU - Organização das Nações Unidas

PcD - Pessoas com Deficiência

PNE - Pessoas com Necessidades Especiais

PHP - *Hypertext Preprocessor*

PIR - Sensor Passivo de Infravermelhos

PPGTIC - Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação

PWM - *Pulse Width Modulation*

RA - Robótica Assistiva

RIA - *Robotic Industries Association*

RMAs - Robôs Móveis Autônomos

TA - Tecnologia Assistiva

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

VAIs - Veículos Autônomos Inteligentes

WHO - *World Health Organization*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 27
1.1 OBJETIVOS 28
1.1.1 Objetivo Geral 28
1.1.2 Objetivos Específicos 28
1.2 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA 28
1.3 ADERÊNCIA AO PPGTIC 29
1.4 METODOLOGIA 29
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO 30
2 TECNOLOGIAS ASSISTIVAS 33
2.1 DEFINIÇÃO DE TECNOLOGIAS ASSISTIVAS 33
2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS ASSISTIVAS 35
2.3 TECNOLOGIAS ASSISTIVAS E A POPULAÇÃO IDOSA 38
3 FUNDAMENTOS DA ROBÓTICA 41
3.1 HISTÓRICO DA ROBÓTICA 41
3.2 DEFINIÇÕES DE ROBÓTICA 42
3.2.1 Percepção, Planejamento, Atuação e Controle 43
3.2.1.1 Sensores e Atuadores 43
3.2.2 Tipos de Robôs 44
3.2.3 Robótica Móvel 46
3.3 ROBÓTICA ASSISTIVA 48
3.3.1 A Vida Assistiva 49
3.3.2 Robôs Cuidadores 53
3.3.3 Robôs Pessoais 56
3.3.4 Tendências Atuais 63
4 PROJETO E DESENVOLVIMENTO DO ROBÔ ASSISTENTE 69
4.1 PROJETO DO ROBÔ ASSISTENTE 69
4.2 DESENVOLVIMENTO DO ROBÔ 74
4.3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLE DO ROBÔ 75
4.4 DESCRIÇÃO DO SISTEMA WEB 76
4.5 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE INTERFACE DO ROBÔ 80
5 AVALIAÇÃO DO ROBÔ ASSISTENTE 83
5.1 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO 83
5.1.1 Avaliação de Desempenho 83
5.1.2 Avaliação Funcional 86
5.1.3 Avaliação de Unidade 89
5.1.4 Avaliação de Usabilidade 91

5.1.4.1 Interface 92
5.1.4.2 Resultados da interface do robô 94
Resultados da interface web 97
5.1.4.3 Aceitação 99
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS 103
6.1 PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS..... 104
REFERÊNCIAS 105
APÊNDICE A – Código Fonte do Sistema de Controle do Robô..... 115
APÊNDICE B – Código Fonte do Sistema de Interface Web 123
APÊNDICE C – Descrição do Hardware Desenvolvido 129

1 INTRODUÇÃO

Os novos indicadores de saúde mostram que houve um aumento na qualidade de vida das pessoas, consequentemente as taxas de mortalidade diminuíram, isso é um fenômeno mundial e tem acontecido em um ritmo acelerado no Brasil. De acordo com projeções do Banco Mundial, a população idosa no Brasil deve triplicar nas próximas quatro décadas, de menos de 20 milhões em 2010 para cerca de 65 milhões em 2050 (BRASIL, 2016).

Existem dois tipos de envelhecimento, o natural onde o indivíduo vai perdendo suas funções motoras com o tempo e o envelhecimento de sobrecarga, causado por doenças ou acidentes que demandam algum tipo assistência (CANCELA, 2007).

O processo de envelhecimento da população brasileira faz surgir discussões de como lidar com essa nova realidade do povo brasileiro, pois os idosos são mais susceptíveis a doenças e normalmente exigem mais cuidados, principalmente quando estas doenças causam alguma incapacidade motora (PINHEIRO et al., 2011).

Nesse contexto surge a tecnologia assistiva (TA) que é um ramo de pesquisa científica dirigida para o desenvolvimento e aplicação de recursos e serviços que aumentem ou restaurem a função humana na sua plenitude, oportunizando condições fundamentais para a inclusão social. A TA tem papel de auxiliar as pessoas no seu dia a dia, proporcionando aquelas com determinados problemas ou dificuldades uma maior independência e inclusão social, através da ampliação de comunicação, mobilidade, controle de seu ambiente, trabalho e integração com a família, amigos e sociedade (CALDAS, 2003). Por se tratar de um ramo de pesquisa, muitas áreas acabam fazendo parte da TA, dentre elas a robótica, que através de vários tipos de robôs auxiliam no dia a dia das pessoas, essa junção entre TA e robótica é conhecida como Robótica Assistiva (RA).

A RA possui algumas definições, dentre elas a mais adequada é a que define que um robô assistivo é aquele que presta ajuda ou suporte a um usuário humano (FEIL-SEIFER; MATARIC, 2005).

A RA inclui robôs de reabilitação, robôs de cadeira de rodas e outras formas de mobilidade, robôs companheiros, auxiliares para deficientes físicos, robôs educacionais entre outros. Esses robôs são destinados ao uso em uma variedade de ambientes, incluindo escolas, hospitais e residências (FEIL-SEIFER; MATARIC, 2005).

O presente trabalho propõe um robô para auxiliar os idosos com

informações de atividades e tarefas que os mesmos precisam executar ao longo de seu dia.

1.1 OBJETIVOS

Esta seção apresenta o objetivo geral e os objetivos específicos desta dissertação.

1.1.1 Objetivo Geral

Propor um robô assistente doméstico para pessoas idosas que seja capaz de auxiliá-las a lembrar de realizar atividades, tomar medicamentos, lembrar de compromissos, além de servir como entretenimento e companhia a elas.

1.1.2 Objetivos Específicos

1. Levantar as principais características sobre Tecnologia Assistiva;
2. Levantar as principais características sobre Robótica Assistiva;
3. Compreender a utilização de robôs assistentes para idosos;
4. Pesquisar estudos que discutam o impacto e aceitação dos robôs na vida de idosos;
5. Desenvolver um protótipo de robô assistente e validar o mesmo, avaliando os resultados obtidos.

1.2 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA

Com o aumento da expectativa de vida da população, causando consecutivamente o aumento de idosos, se faz necessário mais recursos para ajudar a auxiliar estas pessoas, uma vez que a escassez de cuidadores humanos está sendo detectada tanto no Brasil como em várias outras nações do mundo, como por exemplo o Japão .

Com isso surge o desafio de ajudar as pessoas idosas a serem autônomas e independentes, para viver a terceira idade, com a maior qualidade de vida possível. Esse tema vem sendo discutido por algumas

nações como a japonesa, a americana, e também a brasileira (GRAGNOLATI et al., 2011).

Grandes empresas como Honda, Panasonic, Sony entre outras já lançaram seus robôs assistivos, uma vez que esse mercado está em grande ascensão. A robótica assistiva é uma possível solução para a falta de cuidadores humanos constatada no mercado mundial, além das questões de confiabilidade com segurança e eficiência no trabalho.

A *International Data Corporation* (IDC), que é considerada uma das principais fornecedoras globais de inteligência de mercado, serviços de assessoria e eventos para os mercados de tecnologia da informação, telecomunicações e tecnologia de consumo, anualmente publica um relatório sobre as tendências para a robótica mundial. Esse relatório é chamado de *FutureScape: Worldwide Robotics Predictions*, e entre as principais tendências para os próximos anos, destaca-se que, até 2021, o mercado dos robôs assistentes será duas vezes maior, e a base da Inteligência Artificial (IA) da próxima geração de robôs se concentrarão menos nas tarefas físicas e mais no ensino e na interação com a família, ao ponto destes serem considerados membros das famílias (ZHANG, 2017). Esta dissertação busca responder a seguinte pergunta: *é possível desenvolver um robô que interaja com idosos através de fala sintetizada, que auxilie em tarefas diárias, afim de proporcionar melhores condições de vida a eles?*

1.3 ADERÊNCIA AO PPGTIC

Este trabalho está inserido na linha de pesquisa Tecnologia Computacional pois utiliza software e hardware para o desenvolvimento de uma proposta de robô que integra várias áreas como automação, saúde, psicologia sendo assim de natureza interdisciplinar.

1.4 METODOLOGIA

Este trabalho é uma pesquisa tecnológica destinada ao desenvolvimento de uma proposta de robô assistivo para auxílio a pessoas idosas.

O software de interação (interface) do robô com o usuário será desenvolvido na linguagem de programação Java para a plataforma Android, o sistema web para inserção de informações remotas para o robô será implementado na linguagem de programação PHP juntamente com

a linguagem de marcação HTML, para manipular uma base de dados MySQL. Já o software de controle será desenvolvido na linguagem de programação C/C++, e será responsável por controlar a movimentação do robô mediante as informações recebidas por sensores. Para validar o sistema será desenvolvido um protótipo equipado com sensores ultrassônicos, sistema de locomoção e equipamentos de multimídia. As etapas a serem realizadas neste trabalho seguirão a sequência definida no diagrama ilustrado na Figura 1.

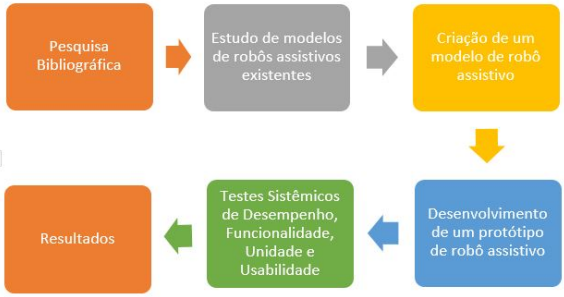

Figura 1 – Diagrama das etapas a serem realizadas no trabalho.
Fonte: Elaborada pelo autor

Após o levantamento bibliográfico e delimitação dos modelos existentes de robôs assistivos no mercado, será proposto um modelo de robô assistente, sendo que este será desenvolvido em forma de protótipo, o qual será avaliado.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Além desta introdução, este trabalho está estruturado em mais cinco capítulos e três apêndices que abordam os seguintes temas:

O **Capítulo 2** apresenta um breve histórico das tecnologias assistivas, suas definições e políticas de incentivo ao emprego desta tecnologia no Brasil e no exterior. O capítulo também apresentará uma breve introdução sobre os tipos de tecnologias assistivas e como estas são direcionadas a população idosa.

O **Capítulo 3** aborda a robótica, definições e tipos de robôs, com enfoque a locomoção e sensoriamento. O capítulo também apresenta uma breve introdução sobre robótica assistiva, que é uma junção entre a robótica e as tecnologias assistivas e como esta vem sendo utilizada como ferramenta de apoio as pessoas idosas.

O **Capítulo 4** descreve o projeto e o desenvolvimento do robô assistente. O capítulo iniciará descrevendo o projeto do robô proposto nesta dissertação. Para fins de avaliação, e, com base no projeto proposto, o capítulo também descreverá o protótipo do robô assistente desenvolvido.

No **Capítulo 5** são apresentados os resultados das avaliações feitas com o protótipo. Sendo que as avaliações realizadas são: de desempenho, funcionais, de usabilidade e unidade.

O **Capítulo 6** apresenta as considerações finais a cerca desta dissertação, bem como uma lista de sugestões para trabalhos futuros.

O **Apêncice A** lista o código fonte do sistema de controle do robô, que trata do controle dos motores CC baseados nos dados obtidos pelos sensores ultrassônicos.

O **Apêncice B** lista o código fonte do sistema web, desenvolvido na linguagem de programação PHP, responsável pela inserção de informações no banco de dados, e que serão utilizadas para o controle das mensagens faladas pelo robô.

O **Apêncice C** apresenta o hardware desenvolvido no protótipo do robô. É apresentado em detalhes os principais componentes presentes na placa desenvolvida e suas especificações.

2 TECNOLOGIAS ASSISTIVAS

Este capítulo apresenta um breve histórico das tecnologias assistivas, suas definições e políticas de incentivo ao emprego desta tecnologia no Brasil e no exterior. O capítulo também apresenta uma breve introdução sobre os tipos de tecnologias assistivas e como estas são direcionadas a população idosa.

2.1 DEFINIÇÃO DE TECNOLOGIAS ASSISTIVAS

Pode se considerar uma TA qualquer equipamento, produto ou sistema que é usado para aumentar, manter ou melhorar capacidades funcionais das pessoas, sejam elas cognitivas ou físicas (CALDAS, 2003). A Figura 2 exibe alguns modelos de próteses como exemplo de TA.

Figura 2 – Exemplo de próteses.
Fonte: Pronatec (2016)

Entre os principais objetivos da TA, está o de proporcionar para pessoas com deficiência maior qualidade de vida, melhorando a comunicação, habilidades e integração com o ambiente, através de controle do mesmo, e maior mobilidade, deixando as pessoas mais independentes (MATTOZO et al., 2016).

O uso da TA começou a se destacar em outros países como os EUA, por exemplo, principalmente pelo constante envolvimento daquele país em guerras e conflitos armados, que resultou em um grande número de cidadãos (especialmente ex-soldados) com deficiência física (STEFAN, 2001).

O governo americano foi pressionado a investir em TA para melhorar a qualidade de vida dessas pessoas mutiladas nas guerras. Com

o tempo, não somente os ex-militares, mas também toda a população americana com algum tipo de deficiência pode se beneficiar com os avanços de recursos e serviços desenvolvidos na área de TA (SALVALAIO, 2012).

O termo *Assistive Technology*, foi criado em 1988 como um elemento jurídico na legislação dos EUA e foi reavaliado em 1998 como *Assistive Technology Act* de 1998. Compõe com outras leis, a Lei Americana de Deficiência (ADA- *American with Disabilities Act*), que regula os direitos dos cidadãos com deficiência nos EUA, além de dar suporte legal aos fundos públicos para o uso de recursos que eles venham a necessitar (STEFAN, 2001).

No Brasil, por causa de algumas políticas de apoio a pessoas com deficiência (PcDs), como o programa *Viver Sem Limites* e incentivos a inovação na linha de TA, como o *Programa de Inovação em Tecnologia Assistiva* financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), houve avanços nos conhecimentos em TA, para que pessoas com alguma deficiência possam ter algum tipo de ajuda técnica (BERSCH, 2008).

O Brasil acompanhou uma tendência mundial de ratificar a Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência que ocorreu em 2008, tratado da Organização das Nações Unidas (ONU), que simbolizou a determinação da comunidade internacional em colocar o tema das pessoas com deficiência na agenda global na perspectiva dos Direitos Humanos (CAIADO, 2009).

As ajudas técnicas ou também denominadas autoajudas, referem-se ao conjunto de recursos que, de alguma maneira, contribuem para proporcionar às Pessoas com Necessidades Especiais (PNEs) maior independência, qualidade de vida e inclusão na vida social (TÉCNICAS, 2007).

Os recursos de TA são qualquer tipo de equipamento que possam devolver algumas capacidades funcionais: desde o uso de uma simples bengala, um par de óculos, cadeiras de roda, próteses, até complexos sistemas computadorizados que permitem o controle do ambiente ou a própria expressão e comunicação do indivíduo (MUSSOLINI et al., 2007).

A TA engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade relacionada à atividade e participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (TÉCNICAS, 2007).

A TA é dividida praticamente em recursos e serviços. Tudo que é feito para melhorar, aumentar ou simplesmente manter as capacidades funcionais das pessoas, sendo estes equipamentos, sistemas ou qualquer

item feito sob medida é considerado um recurso. Já os serviços são aqueles que ajudam a selecionar, comprar ou usar os recursos (BERSCH, 2008).

Os recursos variam de simples materiais de apoio até complexos sistemas computacionais, roupas adaptadas, itens para mobilidade, equipamentos de comunicação, acionadores especiais, controles remotos, softwares e hardware especiais (ROCHA; CASTIGLIONI, 2005).

Como exemplo de serviços podem ser citados as avaliações e experimentos e treinamentos de novos recursos, envolvendo profissionais de diversas áreas como: fisioterapia, terapia ocupacional, fonoaudiologia, educação, psicologia, enfermagem, medicina, engenharia, arquitetura, design, técnicos de muitas outras especialidades (ROCHA; CASTIGLIONI, 2005).

2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS ASSISTIVAS

Segundo as diretrizes da ADA, que regula os direitos dos cidadãos com deficiência nos EUA, existem várias categorias para a TA. É importante classificá-las para uma maior organização e discernimento de estudos e pesquisas e também para o provimento de políticas públicas de incentivo (STEFAN, 2001).

Entre os recursos necessários e individualizados a TA está presente em situações em que há a necessidade de comunicação alternativa e ampliada como ilustra a Figura 3, adaptações de acesso ao computador, equipamentos de auxílio para visão e audição, e o controle do ambiente.

Figura 3 – Aplicativo de lente de aumento.
Fonte: Freeimagens (2017)

Nessas categorias encontram-se adaptação de jogos e brincadei-

ras, adaptações da postura sentada (como em cadeiras de rodas), mobilidade alternativa, próteses e a integração dessa tecnologia nos diferentes ambientes como a casa, a escola, a comunidade e o local de trabalho. A TA é dividida em 11 categorias, as quais estão descritas no Quadro 1.

Auxílios para a vida diária	Equipamentos que ajudam no dia a dia, seja na alimentação, vestuário, necessidades pessoais e manutenção de casa.
Comunicação aumentativa e alternativa	Recursos eletrônicos para a comunicação de pessoa sem fala ou com limitações da mesma.
Recursos de acessibilidade ao computador	Recursos computacionais, que utilizam desde voz, braile, teclados modificados, acionadores entre outros para permitir o uso do computador por pessoas com algum tipo de deficiência.
Sistemas de controle de ambiente	Sistemas eletrônicos para residência, como controle de aparelhos eletrônicos em casa, segurança, controle de temperatura, claridade, entre outros.
Projetos arquitetônicos para acessibilidade	Adaptações no cotidiano, como rampas, elevadores, banheiros para cadeirantes, reduzindo as barreiras físicas e facilitando a locomoção das pessoas com deficiência
Órteses e próteses	De membros artificiais, até o uso de materiais ortopédicos de apoio como por exemplo talas.
Adequação Postural	Adaptações para cadeira de rodas ou outro sistema visando o conforto, maior estabilidade e postura adequada do corpo.
Auxílios de mobilidade	Equipamentos que ajudem na mobilidade, podendo ser cadeiras de rodas manuais ou motorizadas, muletas e até andadores.
Auxílio para cegos ou com visão subnormal	Equipamentos para um grupo bem definido, que varia entre, lupas, braile, softwares de voz e de aumento de imagem, entre outros.
Auxílio para surdos ou com déficit auditivo	Vários tipos de equipamentos deste aparelhos para surdez, telefone com teclado, equipamentos com infravermelho ou led entre outros.
Adaptações em veículos	Modificações ou adaptações para ajudar na condução do veículo, incluindo acessórios, elevadores para cadeiras de rodas, usados em veículos automotores para transporte pessoal.

Quadro 1 – Classificação das Tecnologias Assistivas.

2.3 TECNOLOGIAS ASSISTIVAS E A POPULAÇÃO IDOSA

Em 2012 a porcentagem da população mundial que tinha mais de 65 anos era de aproximadamente 7%, estima-se um aumento de até 20% no ano de 2050 (ONU, 2017). Com isso surge a necessidade crescente de inovações para oferecer serviços de cuidados para essa faixa etária. A Figura 4 ilustra um idoso recebendo ajuda de uma cuidadora (THIEME et al., 2012).

Figura 4 – Idoso Recebendo auxílio.
Fonte : Freeimagens (2017)

As tecnologias assistivas ajudam indivíduos a manter a independência e aumentar a qualidade de vida dos mesmos. Os idosos gostam de viver tradicionalmente de maneira independente e normalmente em suas próprias casas. Além disso, outro problema encontrado é a falta de pessoas especializadas em cuidar de idosos (GRAGNOLATI et al., 2011).

Um relatório da *World Health Organization* (WHO) destaca de maneira significativa o uso das tecnologias assistivas na área de cuidados de idosos, onde é enfatizado a aceitação desta tecnologia por parte dos idosos (AHN; BEAMISH; GOSS, 2008).

A demência, que é o termo genérico para o declínio na capacidade mental, é um problema que afeta muitas pessoas idosas com consequências socioeconômicas para a sociedade em geral. Com o declínio cognitivo do idoso, a sua capacidade de realizar atividades básicas na vida diária fica muito limitada (GRAGNOLATI et al., 2011).

A TA é desenvolvida para permitir o aumento da autonomia e independência de pessoas com deficiência ou com mobilidade reduzida

em suas atividades domésticas ou ocupacionais da vida diária, visando permitir que o idoso permaneça em sua casa mantendo certa autonomia (BRASIL, 2016).

As tecnologias junto ao corpo, como por exemplo relógios inteligentes, sensores de monitoramentos de pressão, são menos desejáveis para os idosos e pessoas com deficiências cognitivas, pois esses dispositivos de monitorização diária podem ser esquecidos de serem utilizados ou de terem suas baterias recarregadas, podendo ocasionar um mal funcionamento do sistema em si (PINHEIRO et al., 2011).

As tecnologias precisam ser cuidadosamente concebidas de forma a acomodar os requisitos associados com deficiências cognitivas, levando em conta a importância que as tecnologias em casa devem ser discretas e livres de manutenção, a fim de assegurar a sua capacidade para controlar ou ajudar as pessoas com o mínimo de interferência possível (PINHEIRO et al., 2011).

Dentro desta perspectiva se destaca as tecnologias de monitoramento discreto, por exemplo sistemas de monitoramento em casa, os robôs assistivos que estão surgindo para fornecer soluções alternativas. Estas abordagens são predominantes no uso baseado em sensores ligados ao meio ambiente, para detectar divergências como por exemplo um acidente com um idoso, uma queda ou algo do gênero, trabalhando com monitoramento e controle de ambiente (MANDULA et al., 2015).

Os idosos preferem viver em suas casas o máximo de tempo possível e as políticas governamentais incentivam esta situação, para reduzir os custos de cuidados de saúde, onde novas políticas de apoio são necessárias para que isso possa ocorrer (THIEME et al., 2012).

A Robótica Assistiva é um ramo da área computacional que está em expansão no século XXI, devido a evolução e otimização de novas tecnologias como micro e nanoeletrônica, processadores cada vez menores e melhores e baterias mais potentes (MOREIRA; VASCONCELOS, 2010)

Atualmente, quando se ouve a palavra robótica, a maioria das pessoas já conseguem identificá-la em suas vidas, pois ela é uma realidade que cresce a cada dia. O uso de robôs está disseminado nos mais diversos segmentos da sociedade, desde robôs para simples limpeza residencial até robôs em usinas atômicas para tarefas de extremo risco.

No próximo capítulo será explanado sobre Robótica Assistiva, que é utilizada para fins sociais, onde a interação da robótica com os seres humanos pode melhorar alguns aspectos em relação à saúde, à psicologia e bem-estar dos idosos (BROEKENS et al., 2009).

3 FUNDAMENTOS DA ROBÓTICA

Este capítulo apresenta um breve histórico sobre a robótica, suas definições e tipos de robôs, com enfoque na locomoção e sensoriamento. O capítulo também apresenta uma breve introdução sobre robótica assistiva que é uma junção entre a robótica e as tecnologias assistivas e como ela vem sendo utilizada como ferramenta de apoio as pessoas idosas.

3.1 HISTÓRICO DA ROBÓTICA

Por mais que a ascensão da robótica ocorreu em meados do século XX, onde grandes empresas investiram no desenvolvimento de robôs para as mais diversas áreas, existem vários documentos que indicam que o surgimento dos robôs ou que a própria ideia de robótica tenha surgido muito antes no século XVII (GONÇALVES, 2011).

A palavra robô foi criada em uma peça teatral de 1921. Nesta época as obras de ficção científica pregavam o medo e a incerteza quanto à inserção de robôs na sociedade, mas Asimov através de suas mais de 500 publicações sobre o assunto, pregava que os robôs ajudariam os seres humanos em tarefas, protegendo-os contra o mal (MEDEIROS, 1998).

O termo robô vem do tcheco "robota"e significa trabalho forçado. Foi usado pela primeira vez em 1921 por Karel Capek em seu romance *Rossum's Universal Robots*. Já o termo Robótica foi criado em 1948 pelo escritor de Ficção Cientifica, Isaac Asimov, em seu romance (Eu, Robô) (MEDEIROS, 1998).

Os robôs de Capek eram máquinas de trabalho incansáveis, de aspecto humano, com capacidades avançadas mesmo para os robôs atuais (MEDEIROS, 1998).

Quando surgiram os autômatos em meados do século XVII, como o famoso pato mecânico de Jacques de Vaucanson ilustrado na Figura 5, que poderia até bater as asas, foi que o mundo começou a apreciar a ideia de ter robôs entre os humanos e desde então a robótica vem evoluindo (KAC, 1997).

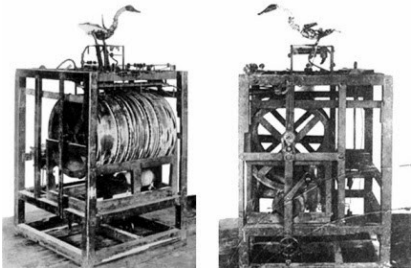

Figura 5 – Pato mecânico de Jacques de Vaucanson.
Fonte: Observador (2017)

A robótica se desenvolveu depois da segunda guerra mundial quando se iniciaram os estudos sobre a "teoria de controle" a qual permitiu ao longo do tempo uma melhor compreensão não somente de sistemas artificiais, mas também dos sistemas biológicos, com isso surgiu um outro campo de estudo chamado de cibernética (ASHBY, 1970).

A cibernética estuda biossistemas lógicos, a partir do nível de neurônios (células nervosas) para o nível de comportamento, tentando implementar princípios semelhantes em robôs simples, usando métodos da teoria de controle(RUYER, 1972).

Um conceito chave da cibernética centra-se no acoplamento estrutural da Teoria Geral de Sistemas, combinando a interação entre o mecanismo ou organismo e seu meio ambiente. Através do estudo sobre ela surgiu a ideia de imitar sistemas biológicos, criando os primeiros conceitos sobre Inteligência Artificial (ALVES, 2012).

3.2 DEFINIÇÕES DE ROBÓTICA

Segundo Matarić (2007), robô é um sistema autônomo que existe no mundo físico, pode sentir seu ambiente e deve agir sobre ele para alcançar algumas metas, como por exemplo se locomover desviando de obstáculos (MATARIĆ, 2007).

Um robô pode agir exclusivamente com base em suas próprias decisões e não ser controlado por um ser humano, mas nem toda máquina é autônoma, portanto também existem os robôs teleoperados, que são controlados remotamente por seres humanos.

Segundo Matarić (2007) a robótica é o estudo de robôs, o que significa que é o estudo do auto sensoriamento autônomo e proposital para agir no mundo físico. A robótica é um campo de rápido crescimento,

cuja definição foi evoluindo ao longo do tempo (MATARIĆ, 2007).

Um dos maiores desafios da robótica é como lidar com as leis do mundo físico, onde o robô deve sentir e interagir com seu ambiente e para isso existem os sensores, que imitam ou simulam os sentidos humanos como ouvir, tocar, ver, cheirar entre outros, além de atuadores e efetuadores para poder interagir e se locomover pelo ambiente. Um sistema que não detecta ou obtêm informações de um ambiente não poderá ser considerado um robô, porque ele não poderá responder ao que se passa à sua volta (WOLF et al., 2009).

3.2.1 Percepção, Planejamento, Atuação e Controle

Basicamente todo robô precisa ter uma percepção do ambiente, esta pode ser obtida através de sensores. Após obter estes dados ele deve fazer o planejamento de suas ações, escolhendo a melhor ação mediante a algum algoritmo e, por fim, realizar a atuação, que é o ato de agir em uma determinada situação (CORKE, 2017).

Para operar em ambientes dinâmicos, os robôs devem ser capazes de efetivamente utilizar e coordenar seus recursos físicos e computacionais limitados. À medida que a complexidade aumenta, torna-se necessário impor algumas restrições sobre o controle do planejamento, percepção e atuação para garantir que as interações indesejadas entre os comportamentos não ocorram (SIMMONS, 1994).

3.2.1.1 Sensores e Atuadores

Segundo Pissardini (2016) um dos grandes desafios de um sistema autônomo é adquirir conhecimento sobre o seu ambiente e para isso os robôs móveis utilizam os mais variados tipos de sensores para extrair informações das medições e definir ações sem a intervenção humana (PISSARDINI, 2016).

Reagindo diante de situações imprevistas enquanto se locomove, o robô necessita de informações abundantes e de qualidade, para que o mesmo possa definir suas ações. Para resolver esse problema é preciso combinar sensores, formando um sistema sensorial integrado (PISSARDINI, 2016).

É possível classificar os sensores com base em seu funcionamento e quanto ao tipo de informação captada. O Quadro 2 apresenta uma classificação para os sensores.

Elementares	Retornam dados digitais ou analógicos de uma única variável.
Complexos	Retornam informações que somente podem ser representadas por vetores ou matrizes.
Proprioceptivos	Medem valores internos para o sistema (robô), por exemplo: velocidade do motor, carga de roda, ângulos articulares do braço do robô, tensão da bateria.
Passivos	Medem a energia do ambiente que entra no sensor. Exemplos de sensores passivos incluem sondas de temperatura, microfones e CCD ou CMOS e câmeras.
Ativos	Emitem energia no meio ambiente, em seguida, medem a reação ambiental de sua ação. Os sensores ativos pode gerenciar interações mais controladas com a ambiente, e muitas vezes obter um desempenho superior. Exemplos de sensores ativos incluem codificadores de quadratura de rodas, sensores ultrassônicos e a laser.

Fonte: SECCHI, 2008
Quadro 2 – Modelos de Sensores.

Um atuador, assim como um sensor, é um transdutor que transforma uma forma de energia em outra, porém, fazendo o caminho inverso isto ocorre por que ao invés de transformar uma grandeza em um sinal elétrico, transforma um sinal elétrico em uma grandeza física, que pode ser movimento, velocidade, calor, entre outras (HOTZ, 2014).

3.2.2 Tipos de Robôs

Conforme a ISO (*International Organization for Standardization*) 10218, existem dois tipo de robôs, o robô de base fixa e o robô de base móvel. Um robô de base móvel pode se locomover por todo o ambiente interagindo com o mesmo, já o robô de base fixa, normalmente é utilizado em indústrias, por ficarem fixos em um determinado local normalmente fazendo algum tipo de ação repetitiva (GUENTHER; PIERI, 2000).

Segundo a *Robotic Industries Association* (RIA), robô de base fixa é definido como um manipulador multifuncional reprogramável projetado para movimentar materiais como ilustra a Figura 6 , partes, ferramentas ou peças especiais, através de diversos movimentos programados, para o desempenho de uma variedade de tarefas (ASSOCIATION

et al., 2012).

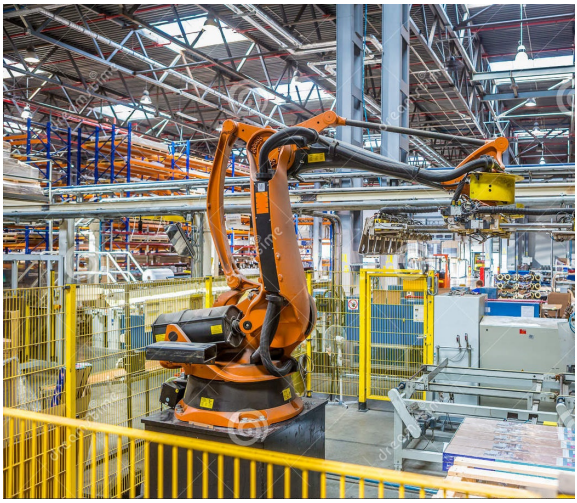

Figura 6 – Robô de base fixa.
Fonte: (STOCKFREEIMAGES, 2018)

O robô de base móvel tem evoluído muito ultimamente, ganhando destaque na mídia e na sociedade, onde antes se falava em robôs industriais (a maioria de base fixa), agora abre-se espaço para os robôs capazes de se locomoverem e interagirem com seus ambientes. A Figura 7 ilustra um exemplo de robô móvel.

Figura 7 – Robô móvel Pioneer.
Fonte: Mobilerobots (2017)

Por mais que a indústria seja ainda hoje a maior utilizadora de robôs, como braços robóticos que podem se mover rapidamente, eles

ainda têm uma grande desvantagem, a falta de locomoção.

Existe a possibilidade de um robô de manipulação caminhar pela fábrica e aplicar suas funcionalidades, que dá origem a robótica móvel, também chamados de Robôs Móveis Autônomos (RMAs) ou Veículos Autônomos Inteligentes (VAIs) (CORREA, 2013).

Na locomoção, o ambiente é fixo e o robô move-se no meio ambiente, a base científica é o estudo de atuadores que geram forças de interação e mecanismos de locomoção que implementam a cinemática desejada e as propriedades dinâmicas (RINCON, 2013).

A robótica móvel é influenciada pela mecânica, cinemática, teoria de controle e dinâmica, alavancando os campos de análise de sinais, organismos especializados em conhecimento e visão computacional, capaz de empregar uma grande variedade de tecnologia sensorial.

Robôs móveis tem uma infinidade de aplicações no mercado, e sua concepção envolve a integração de várias áreas do conhecimento, o que torna a robótica móvel uma área interdisciplinar.

A locomoção é uma das principais características de um robô móvel, mas é a percepção do ambiente que trata a maior dificuldade da robótica móvel, apesar de poder andar em praticamente todos ambientes criados pelo ser humano ou pela natureza, o mesmo não consegue perceber o mundo tão bem quanto os homens ou os animais (SIEGWART; NOURBAKHSH; SCARAMUZZA, 2011).

3.2.3 Robótica Móvel

Para ser considerado móvel o robô precisa se locomover pelo ambiente e existe uma variada gama de mecanismos, que permitem essa locomoção, que podem, por exemplo, fazer o robô andar, pular, correr e até voar, mas nada é tão eficiente quanto o uso da roda (SIEGWART; NOURBAKHSH; SCARAMUZZA, 2011).

Apesar dos robôs tentarem imitar sistemas biológicos, o uso da roda permite um ganho de eficiência principalmente em terrenos planos, onde a locomoção é um complemento de manipulação (SIEGWART; NOURBAKHSH; SCARAMUZZA, 2011).

Dentre as formas de locomoção, a realizada com as pernas é caracterizada por uma série de contatos pontuais entre o robô e o chão. As principais vantagens incluem adaptação e mobilidade em terrenos acidentados, uma vez que apenas um conjunto de contatos pontuais é necessário (RODRIGUES et al., 2013).

Uma vantagem da locomoção com pernas é o potencial para ma-

nipular com mais habilidade objetos no ambiente. A Figura 8 ilustra um robô que usa pernas para locomoção. Um exemplo de inseto, o besouro, é capaz de rolar uma bola, enquanto se locomove por meio de suas hábeis pernas dianteiras (SIEGWART; NOURBAKHSH; SCARAMUZZA, 2011).

As principais desvantagens deste tipo de locomoção incluem a complexidade mecânica da perna, o que pode incluir vários graus de liberdade. Além disso as pernas devem ser capazes de sustentar parte do peso total do robô, e em alguns casos, devem ser capazes de levantar e abaixar o robô (RODRIGUES et al., 2013).

Figura 8 – Robô aranha com pernas.
Fonte: Freeimagens (2017)

Contudo, a alta mobilidade só será alcançada se as pernas tiverem um número de graus de liberdade suficiente para usar a força num certo número de direções diferentes (BECKER et al., 1997).

A roda tem sido, de longe, o mecanismo de locomoção mais popular em robótica móvel e em veículos feitos pelo homem em geral. Com ela se consegue ganhos consideráveis de eficiência, com uma aplicação mecânica relativamente simples (BECKER et al., 1997).

O equilíbrio não é geralmente um problema de pesquisa em projetos de robô, pois os robôs móveis quase sempre são concebidos de modo que todas as rodas estejam em contato com o solo, sendo assim, três rodas são suficientes para garantir o equilíbrio estável (RODRIGUES et al., 2013).

Quando mais do que três rodas são utilizadas é necessário o uso de uma suspensão para permitir que todas elas mantenham contato com o solo em um terreno irregular (SIEGWART; NOURBAKHSH; SCARAMUZZA, 2011).

Em vez de se preocupar com o equilíbrio, os robôs com rodas tendem a concentrar-se na estabilidade, mobilidade e controle. Existem 3 tipos de rodas conforme descreve o Quadro 3.

Roda fixa	Normalmente associada a tração do robô. A roda fixa tem seu eixo fixo na estrutura do mesmo.
Roda orientável centralizada	Normalmente usada como roda de direção ou tração/direção, gira ao redor do eixo vertical.
Roda orientável não centralizada (roda Castor)	Gira ao redor de um eixo vertical que não passa pelo centro da mesma. Normalmente utilizada para dar estabilidade e direção ao robô.

Fonte: NOURBAKHSH, 2004
Quadro 3 – Tipos de Rodas.

Os diferentes arranjos entre sensores, atuadores e controle abrem espaço para a criação e diversificação de vários tipos de robôs e novas áreas de estudo, como por exemplos robôs destinados a melhorar a qualidade de vida das pessoas, por exemplo. Esse campo de estudos é conhecido como robótica assistiva.

3.3 ROBÓTICA ASSISTIVA

A Robótica Assistiva (RA) é uma junção entre a robótica e as tecnologias assistivas, com o objetivo de auxiliar as pessoas na sua vida diária, em vários ambientes, possibilitando mais independência para seus usuários (CHAN et al., 2013).

A RA pode ser considerada como um sistema que tem o papel de se mover por todo um ambiente com facilidade e eficiência, realizando tarefas e auxiliando as pessoas com algum tipo de deficiência nas mais diversas atividades (CHAN et al., 2013).

A RA vem recebendo atenção desde a década de 70 onde partiram de sistemas rústicos para atingir hoje sistemas mais acessíveis e agradáveis, tanto funcional como esteticamente (JOHN, 2016).

Para um melhor desempenho desses sistemas, muitas vezes eles precisam atuar conjuntamente a bioengenharia para melhorar a mobilidade dos idosos, por exemplo, e ajudar os familiares a aumentar as capacidades dos mesmos e sua independência (CHAN et al., 2013).

O principal objetivo da RA é de âmbito social, melhorando as condições de vida de pessoas com limitações funcionais, onde o mesmo deve poder controlar o sistema e se sentir autônomo (CHAN et al., 2013).

A RA vem ao encontro da necessidade de se criar ferramentas e

técnicas avançadas para promover uma vida independente e para melhorar a qualidade de vida de pessoas com doenças crônicas ou degenerativas em habilidades motoras, sensoriais, comunicativas e/ou cognitivas (CHAN et al., 2013).

Groothuis, Stramigioli e Carloni (2013) elaboraram uma lista de critérios, que consideram ser propriedades fundamentais de adequação de robôs para fins assistivos, critérios esses que podem ser estendidos a outras aplicações.

1. Segurança da interação: nível de segurança do homem quando interage com o robô.

2. Robustez de choque: robustez do sistema robótico frente a choques de alto impacto.

3. Controle de posição: acurácia e repetibilidade das capacidades de posicionamento.

4. Energia: armazenagem e reuso de energia.

5. Adaptabilidade: diz respeito à dinâmica entre desempenho e segurança, face às influências de ambientes ou condições arbitrárias ou adversas.

O uso da RA para idosos vem melhorar a vida em casa tornando-a viável por mais tempo, diminuindo a necessidade de estabelecimentos de cuidados ou asilos, além da melhoria da autoestima (JOHN, 2016).

3.3.1 A Vida Assistiva

No mundo inteiro a população idosa vem aumentando devido, principalmente, a qualidade de vida proporcionada nos dias atuais. A Figura 9 ilustra um gráfico que aponta a população mundial, a população idosa atual e a perspectiva de aumento de ambas. Por isso, surge novamente a pergunta:

- Como lidar com o envelhecimento da sociedade mundial e a forma de cuidar dos idosos?

Nos EUA, no ano de 2015, 13% da população se enquadra na terceira idade e a perspectiva é que até 2050 esse percentual possa duplicar. Mesmo assim os americanos não se aproximam do Japão, nação com maior percentual de idosos no mundo, que no ano de 2015 tinha o

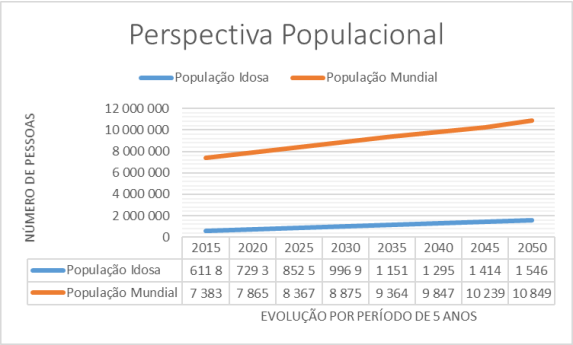

Figura 9 – Perspectiva populacional.
Fonte: Adaptado de ONU (2017)

percentual de 20% de sua população com mais de 65 anos (LENHART et al., 2015).

Mesmo com o aumento significativo da qualidade de vida, vários problemas ainda afligem os idosos, dentre eles destaca-se a mobilidade. Em 2010, a taxa de comprometimento da mobilidade dos idosos americanos era de quase 60%. Por isso, novas tecnologias assistivas vem surgindo com potencial de ajudar os idosos a se locomoverem e terem uma vida mais saudável (KOCH, 2010).

Muito conhecida no ramo automobilístico, a Honda está aperfeiçoando a tecnologia utilizada no robô Asimo para criar dispositivos de mobilidade assistiva. O *Stride Management Assist*, é um destes dispositivos destinado a impulsionar aqueles com dificuldade de andar (BUESING et al., 2015).

O *Stride Management Assist*, ilustrado na Figura 10, lançado pela Honda pela primeira vez em 2008, consiste em um par de aparelhos de metal leve que se unem as pernas superiores do usuário, juntamente com uma peça de quadril que contém o computador de controle e as baterias. Um motor fica em cada quadril e fornece assistência às coxas enquanto o usuário anda. Todo o dispositivo pesa apenas cerca de 6 libras ou 2,7 quilogramas, incluindo baterias e funciona por cerca de duas horas (BUESING et al., 2015).

O dispositivo promete ajudar idosos e pessoas com problemas de mobilidade com fraqueza muscular de membros inferiores a recuperarem alguns dos seus movimentos. Além disso, o dispositivo ajusta o ritmo de caminhada e monitora os batimentos cardíacos do usuário.

Em um teste de coluna realizado pela Honda, o *Stride Management Assist* permitiu a redução do esforço e diminuição da frequência

Figura 10 – *Stride Management Assist.*
Fonte:Honda (2017)

cardíaca do usuário (BUESING et al., 2015).

A Panasonic lançou em 2017 alguns robôs assistivos que ajudam na vida cotidiana das pessoas. Um dos exemplos é o robô AWN-03, ilustrado na Figura 11, equipado com motores que auxiliam a realizar tarefas biomecânicas de forma mais adequada, tais como, levantar e segurar objetos fornecendo um apoio as costas, além disso permite reduzir o estresse de carga em até 15 kg (PANASONIC, 2017).

Figura 11 – AWN-03.
Fonte: Panasonic

O PLN-01, ilustrado na Figura 12, é um suporte para ajudar a caminhada ou corrida, permite que o usuário faça menos esforços em situações de subida como em uma montanha (PANASONIC, 2017).

Figura 12 – PLN-01.
Fonte: Panasonic

O *Power Loader*, ilustrado na Figura 13, uma espécie de exoesqueleto com 4 sensores nas mãos e nos pés que controlam 20 motores, foi criado para ajudar no resgate de vítimas de desastres naturais (PANASONIC, 2017).

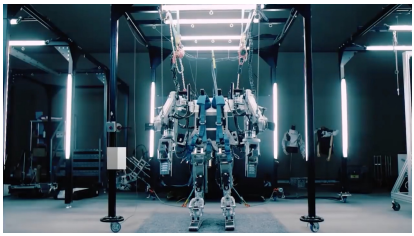

Figura 13 – *Power Loader*.
Fonte: Panasonic

A mais de 18 anos a Panasonic trabalha no desenvolvimento de dispositivos para o cuidado com idosos no setor de enfermagem para cuidados mentais e físicos, onde a empresa fornece soluções que ajudam a melhorar a qualidade de vida dos idosos. Um dos produtos desenvolvidos pela Panasonic é o Resyone (PANASONIC, 2017).

O Resyone que está ilustrado na Figura 14, é uma combinação de cama elétrica de cuidados de enfermagem com uma cadeira de rodas elétrica reclinável. A mesma se divide pela metade virando uma cadeira de rodas reclinável. Como prova de qualidade e eficiência, o Resyone recebeu a certificação ISO13482, o novo padrão de segurança global para robôs de cuidados pessoais (PANASONIC, 2017).

Figura 14 – Resyone.
Fonte: Panasonic

3.3.2 Robôs Cuidadores

A *Merrill Lynch*, divulgou um relatório de quase 300 páginas, projetando a falta de 1 milhão de cuidadores humanos até 2025 para o Japão. Para resolver o problema, as empresas japonesas lideram o desenvolvimento dos *Carebots*, robôs cuidadores. *Carebots* são robôs especificamente projetados para ajudar pessoas idosas (LYNCH; HOPE; LEE, 2013).

Um terço do orçamento do governo japonês é destinado ao desenvolvimento de produtos relacionados a cuidados. O mercado global de robôs pessoais, que inclui cuidados, pode atingir US$ 17,4 bilhões em 2020, de acordo com o relatório *Merrill Lynch* (LYNCH; HOPE; LEE, 2013).

Por exemplo, o robô Asimo da Honda é um robô humanoide autônomo que pode ajudar os idosos, fazendo-os comer ou desligando as luzes (HONDA, 2017).

Outro exemplo é o robô humanoide chamado Robobear, ilustrado na Figura 15, que também pode eliminar a necessidade de cuidadores múltiplos, ajudando a transferir idosos da cama para uma cadeira de rodas. O robô de enfermagem, capaz de levantar pessoas, foi projetado por engenheiros da instituição de pesquisa japonesa RIKEN (ROBINSON; MACDONALD; BROADBENT, 2014).

O SoftBank Pepper, ilustrado na Figura 16, se locomove com o auxílio de rodas e é equipado com uma câmera e sensores, uma tela sensível no peito e braços independentes e articulados. O Pepper é capaz de manter conversas, "ler emoções" e entreter as pessoas. Ele não é feito apenas para auxílio em casa, a SoftBank o colocou nas lojas também como um assistente de compras (SOFTBANK, 2017).

O mercado de RA está cada vez mais atrativo para grandes e

Figura 15 – Robobear.
Fonte: Businessinsider

Figura 16 – *SoftBank Pepper*.
Fonte: Softbank Robotics

pequenas empresas e instituições, visto que as vendas de robôs projetados especificamente para ajudar as pessoas idosas devem chegar a 12.400 unidades entre 2015 e 2018, com o número esperado para aumentar substancialmente nos próximos 20 anos, de acordo com o relatório *Merrill Lynch*. E vai além dos robôs de cuidados pessoais. Os robôs companheiros estão atualmente sendo vendidos para fazer companhia aos idosos (LYNCH; HOPE; LEE, 2013).

A Toyota tem trabalhado para desenvolver um robô companheiro comercialmente viável, com base em sua experiência no campo da robótica industrial e aplicando tecnologia de ponta de áreas como a indústria automotiva e tecnologia da informação (TI) (TOYOTA, 2017).

Dentre esses robôs é possível citar a "família *Partner Robot*" que são robôs que ajudam pessoas, com uma combinação de atenção e inteligência. O *Personal Assist Robot* é um dos *Toyota's Partner Robot*. Ele é ágil, gentil e também inteligente o suficiente para pensar por si próprio e opera habilmente uma variedade de dispositivos nas áreas

de assistência pessoal para idosos, manufatura e mobilidade (TOYOTA, 2017).

No futuro, espera-se que o *Personal Assist Robot* possa se tornar parceiro confiável através da assistência em enfermagem e cuidados médicos em hospitais, atendendo pacientes e idosos em centros de atendimento e apoiando tarefas domésticas (TOYOTA, 2017).

Figura 17 – *Personal Assist Robot- HSR.*
Fonte: Toyota

Outro exemplo da família *Personal Partner Robot* é o HSR que aparece na Figura 17. Ele pode ser controlado por comando de voz ou por tablet, possui um corpo cilíndrico altamente manobrável, compacto e leve com um braço dobrável que permite retirar objetos do chão, aspirar objetos finos, recuperar objetos de locais altos, abrir cortinas e executar outras tarefas domésticas (TOYOTA, 2017).

Outros modelos da família *Personal Assist Robot* da Toyota são o *Walk Assist Robot* e *Care Assist Robot* ilustrado na Figura 18. São robôs utilizados no auxílio de cuidadores e atendentes, garantindo assistência segura e confortável a pessoas com habilidade limitada devido a doença, deficiência ou idade avançada (TOYOTA, 2017).

Figura 18 – *Care Assist Robot.*
Fonte: Toyota

A RA desenvolveu-se ativamente para ajudar diversos grupos demográficos, incluindo crianças, idosos e aqueles com deficiência, dentre as aplicações de RA há robôs pessoais destinados ao auxílio de pessoas em atividades básicas (BERAN et al., 2013).

3.3.3 Robôs Pessoais

Alguns trabalhos recentes estudam o impacto da Interação Humano-Robô (HRI) a longo prazo, aplicados na qualidade de vida, saúde, criatividade, comunicação e objetivos educacionais. A capacidade desses sistemas robóticos de interagir naturalmente, aprender e cooperar efetivamente com pessoas foi avaliada em diversas experiências, tanto dentro dos laboratórios como em ambientes do mundo real (ALVES, 2016).

Na realidade, muitos dos robôs fornecerão apoio para idosos ficarem em casa, quando de outra forma seriam forçados a se mudarem para a vida assistida ou lares de idosos. Esses robôs não se parecerão com pessoas. Em vez disso, eles serão sistemas especializados, como o Roomba, o aspirador robótico do iRobot e o primeiro robô de consumo comercialmente bem-sucedido. Dispositivos pequenos e específicos não são apenas mais fáceis de projetar e implementar, eles permitem uma adoção incremental à medida que os requisitos evoluem ao longo do tempo (SHARKEY; SHARKEY, 2012).

Muitos idosos precisam de ajuda, por exemplo, para se alimentar, banhar-se, vestir-se e levantar, tarefas conhecidas na TA como atividades da vida diária. Juntamente com a ajuda diária como cozinhar e gerenciar medicamentos, eles podem se beneficiar da ajuda robótica para se locomoverem e se guiarem (SHARKEY; SHARKEY, 2012).

Os robôs pessoais estão invadindo as casas como já esperavam os especialistas a algum tempo, além de robôs aspiradores de pó, já existem robôs para esfregar pisos e cortar a grama, alguns que ajudam a levantar as pessoas para dentro e para fora das cadeiras de rodas e camas, seguir receitas, dobrar toalhas e ajudar em cirurgias (FEIL-SEIFER; MATARIC, 2005).

Os tipos de robôs disponíveis incluem modelos que conduzem, fornecem companheirismo doméstico e auxílios a vida diária. Algumas dessas tecnologias já estão em testes em lares de idosos e brevemente estarão em lares por todo o mundo. Os robôs companheiros podem ajudar a aliviar a solidão e lembrar idosos de comer em um horário regular, por exemplo (ROSSI et al., 2017).

Mesmo que ainda exista muitas limitações para os robôs comparados aos seres humanos, não se pode deixar de destacar suas vantagens, dentre elas a capacidade de trabalhar 24 horas por dia e 7 dias por semana (ROSSI et al., 2017).

Além disso ao usar a tecnologia para atender as necessidades do dia-a-dia, como limpar e cuidar da casa, liberam os idosos para passarem mais tempo com familiares e amigos. A delegação de tarefas

aos robôs, também deixa mais tempo para os idosos se socializarem com as pessoas que se preocupam com eles e não apenas por eles (JUNG; LEIJ; KELDERS, 2017).

Outro ponto forte do uso de robôs pessoais se baseia na ideia de que o uso de dispositivos não é o mesmo que pedir ajuda a alguém. Confiar em robôs de cuidados pode levar os idosos a perceber uma menor perda de autonomia do que quando se tornam dependentes de cuidadores (ROSSI et al., 2017).

Uma grande barreira para tornar realidade o uso de robôs cuidadores passa pela interação que eles precisam ter com as pessoas, desde conversar, demonstrar emoções, reagir a determinadas situações extremas (JUNG; LEIJ; KELDERS, 2017).

Para Beer et al. (2012), algumas perguntas precisam ser respondidas:

- Os robôs precisam entender e transmitir a emoção para serem aceitos pelos idosos?
- Como os robôs podem oferecer suporte social?
- É melhor quando as máquinas simulam contato visual com as pessoas?
- Os idosos preferem que os robôs possam conversar?

Os robôs provavelmente realizarão muitas tarefas de cuidados aos idosos dentro de uma década, mesmo assim algumas atividades ainda exigem cuidadores humanos e há pessoas para quem a robótica assistiva nunca será a resposta, mas provavelmente os robôs ajudarão os idosos a envelhecer com mais qualidade de vida (STEPTOE et al., 2013).

Em uma pesquisa realizada pela *University College London*, cerca de 90% das pessoas com mais de 65 anos preferem permanecer em seus domicílios o maior tempo possível. No Brasil, 8% da população tem mais de 65 anos e a previsão é de que este número chegue a 18% em 2050, como ilustra o gráfico da Figura 19 (ONU, 2017).

Mesmo quando um idoso precisa de assistência diária ou cuidados de saúde regulares, mais de 80% ainda preferem permanecer em sua própria casa. Há alguns anos se usava o termo envelhecimento como possível tendência, hoje isso já é comprovado por estudos, onde apenas uma pequena minoria prefere se mudar para uma instalação onde presta cuidados de saúde e companheirismo, como um parente ou a casa para idosos (STEPTOE et al., 2013).

Um estudo do *University College London* sobre o impacto da solidão e do isolamento alerta para alguns problemas causados pela "vida

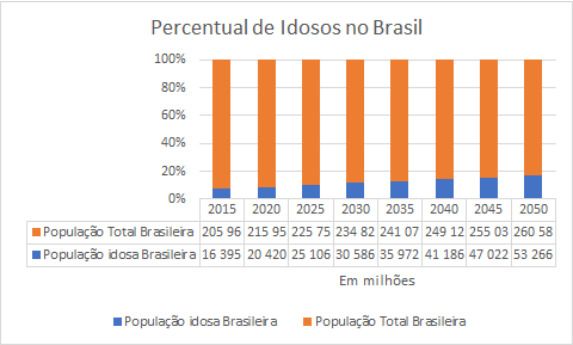

Figura 19 – Percentual de idosos no Brasil.
Fonte:ONU

sozinha". Por exemplo, a solidão e pouca interação com a família e os amigos podem diminuir drasticamente a vida de uma pessoa (SHANKAR et al., 2017).

Mesmo para idosos que não necessitam de auxilio de saúde, a falta de companheirismo é evidente. Para solucionar esse tipo de problema a empresa *Blue Frog Robotics* desenvolveu o Buddy (ROBOTICS, 2016).

A empresa acredita que Buddy, ilustrado na Figura 20, pode ser um excelente companheiro para idosos, pois pode garantir o bem-estar dos idosos em casa, proporcionando interação e assistência social, além de lembrá-los sobre eventos, compromissos e ações. Além disso, pode ajudar os cuidadores monitorando as casas dos idosos que escolhem viver sozinhos (ROBOTICS, 2016).

Figura 20 – Buddy.
Fonte: Blue Frog Robotics

O Buddy pode ainda detectar quedas e atividades incomuns e

fornecer lembretes de medicação, ajudar a aliviar a solidão dos idosos com interação social podendo acessar tecnologias de comunicação, como o Skype e o Facetime, com muita simplicidade (ROBOTICS, 2016).

Participantes de um estudo recente realizado pelo *Media Effects Research Laboratory do College of Communications de Penn State*, indica que os idosos aprovam o uso de robôs quando se trata de auxiliar em necessidades físicas, de informação, de entretenimento e de interação (BELISARIO, 2017).

Muito além de ajudar na mobilidade, os robôs podem ser usados para manter os idosos envolvidos social, emocional e mentalmente.

Conhecido como o primeiro robô social do mundo, o Jibo é um pequeno robô de mesa com estilo bem arrojado. Ao contrário do Pepper, o Jibo, ilustrado na Figura 21, não pode se mover pelo ambiente, sua cabeça e seu corpo conseguem rodar de forma independente lhe dando certa interação. Ele fala e demonstra emoções usando a tela em sua cabeça, além disso possui câmeras e microfones para manter as crianças entretidas, tira retratos de família e utiliza lembretes para ajudar as pessoas idosas, por exemplo, a não esquecer de tomar um remédio. O objetivo do Jibo é ser um mini robô companheiro (GUIZZO, 2014).

Figura 21 – Jibo.
Fonte: Jibo

O Japão ainda concentra a grande maioria dessa tecnologia. O Ministério da Economia, Comércio e Indústria daquele país previa que a indústria de serviços robóticos crescerá cerca de US$ 4 bilhões anualmente em 2035, o que é cerca 25 vezes seu nível atual (MINAMI, 2017).

Outras nações da Europa e os EUA também estão acelerando o desenvolvimento e adoção de robôs para cuidados e interação.

Como exemplo existe o Care-o-bot, ilustrado na Figura 22, do *Fraunhofer IPA*. Este robô foi implantado em várias instalações de vida assistida na Alemanha usado para transportar comida e bebidas, assim como manter as pessoas entretidos ao jogar memória para manter suas

mentes em atividade, além de auxiliar com a culinária ou com a limpeza (JOHN; RIGO; BARBOSA, 2016).

O *Care-o-bot* interage com as pessoas de forma respeitosa, além de respostas rápidas também demonstra o que entendeu e o que pretende fazer, ao mesmo tempo em que pode fazer gestos simples e refletir emoções (JOHN; RIGO; BARBOSA, 2016).

Figura 22 – Care-o-bot 4.
Fonte: Care o bot

Nesta mesma linha existe o robô de cuidados de idosos Dinsow da *Ct Asia Robotics*, ilustrado na Figura 23, que atua como um assistente pessoal. Assim como outros modelos citados ele auxilia o ser humano a se lembrar de tomar remédios, rastrear sua saúde e responder automaticamente às chamadas recebidas da família e dos médicos. Em 2015 foi lançado o Dinsow Mini, que é pequeno o suficiente para viver no repouso noturno de pacientes acamados, monitorando os mesmos (ASIA, 2017).

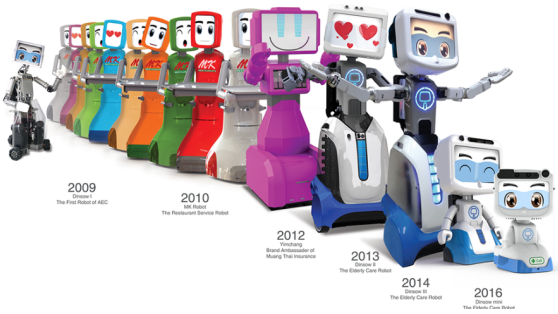

Figura 23 – Evolução do Dinsow.
Fonte: Ctasiarobotics

O Elli Q, ilustrado na Figura 24, é um sistema similar ao Dinsow, disponibilizado em dezembro de 2016 nos Estados Unidos. É basicamente um robô interativo com um tablet integrado. Como o Dinsow, o Elli Q rastreia o regime de comprimidos dos usuários e os conecta com familiares, amigos e profissionais médicos por meio de vídeo chamadas e mídias sociais. Também atua como um companheiro (ROBOTICS, 2017b).

O Elli Q também pode verificar o clima e sugerir atividades ao ar livre para que seu usuário não fique parado por períodos prolongados. Mais importante ainda, o sistema do Elli Q utiliza aprendizado de máquina para descobrir as preferências e peculiaridades do usuário. Em seguida, ele pode fazer recomendações de atividades pró-ativas com base no que sabe que seu usuário desfruta (ROBOTICS, 2017b).

Figura 24 – ELLI Q.
Fonte: Intuition Robotics

ELLI Q é um companheiro para o momento do envelhecimento que tem por finalidade manter os idosos mais ativos em relação a interação social, permitindo usar uma vasta gama de tecnologias como, por exemplo, bate-papos de vídeo, jogos online e redes sociais para se conectar com famílias e amigos (ROBOTICS, 2017b).

ELLI Q participa de atividades como conversas de vídeo, músicas ou *audiobooks*, recomendando atividades no mundo físico, como dar um passeio depois de assistir à televisão por um longo período de tempo, manter compromissos e tomar medicamentos na hora certa, assim como conectar-se com a família através de tecnologia como bate-papo como o Facebook ou Messenger (ROBOTICS, 2017b).

Às vezes, pessoas idosas que moram sozinhas não precisam ape-

nas de um pequeno amigo, elas também precisam de um tutor. Para casos como este, existem modelos como o cachorro robótico Miro, ilustrado na Figura 25, que é um companheiro canino mecanizado, como o Aibo, mas com mais funcionalidades. Como os outros robôs descritos nesta dissertação, ele administra o uso de medicamentos, lembretes de compromissos e também monitora a saúde dos idosos (ROBOTICS, 2017a).

Figura 25 – Miro.
Fonte: Consequential Robotics

O Miro trabalha com uma pulseira biométrica que monitora o idoso rastreando sinais vitais, enviando esses dados para um cuidador, por exemplo, que poderá ver a frequência cardíaca e temperatura corporal. Também pode trabalhar em conjunto com câmeras de monitoramento e sensores IOT (Internet das Coisas, do inglês *Internet of Things*) (ROBOTICS, 2017a).

Usado em lares de idosos japoneses desde 2003, o Paro ilustrado na Figura 26, é baseado em um filhote de foca para ser um animal de estimação robótico. Ele responde a movimentos reais a estímulos táteis, assim como também reconhece temperatura, postura e luz e responde a alguns comandos de voz. É muito utilizado para tratamento de depressão, por exemplo. É considerado um robô de apoio contra o isolamento social dos idosos (SABANOVIC et al., 2013).

É perceptível o grande aumento de assistentes pessoais no mercado, muito por causa do isolamento social e isso é apenas mais uma das tendências atuais.

Figura 26 – Paro.
Fonte: Paro Robotics

3.3.4 Tendências Atuais

Como exemplo da tendência do aumento de robôs assistentes pessoais, pode ser citado o Xperia Hello, que nada mais é que a mistura de um robô doméstico com todas as ferramentas de multimídia assim como outras funcionalidades interessantes (SONY, 2017).

Lançado no ano de 2016, pela Sony, possui uma tela vertical de 4,6 polegadas para mostrar informações importantes para o dia a dia e compreender comandos, como por exemplo verificar o clima, ou então fazer vídeo-chamadas ou pesquisas na internet. O Hello mostrado na Figura 27 é capaz de girar seu corpo, demostrar e expressar emoções de forma simples e amigável (SONY, 2017).

Figura 27 – Xperia Hello.
Fonte: (SONY, 2017)

Outro robô que surgiu recentemente no mercado, oriundo da empresa Roobo, é o Domgy, ilustrado na Figura 28. Entre seus diferenciais, ele consegue superar os obstáculos mais simples dentro de casa. Quando sua bateria está fraca ele volta para a sua estação de carga automaticamente (BORENSTEIN; ARKIN, 2017).

Figura 28 – Domgy.
Fonte: ROOBO

Domgy possui um rosto *touchscreen* e uma cabeça arredondada, com dois grandes olhos animados que servem para ponto de acesso aos aplicativos do mesmo, ele consegue responder com variações de humor. Por exemplo, se estiver emburrado ou feliz (BORENSTEIN; ARKIN, 2017).

Esse pequeno robô possui um sistema de IA bem avançado, capaz de identificar membros da família, com isso ele é capaz de cumprimentar as pessoas e até fazer os mesmos seguirem regras (ROOBO, 2017).

Devido ao reconhecimento facial e uma câmera de 5M é possível utilizar o Domgy como um vigia em casa, já que ele pode identificar quando um estranho invade a casa, alertando assim a família (ROOBO, 2017).

A bateria do Romby pode durar até 6 horas de uso com a carga total, e ele se locomove a uma velocidade máxima de 5 km por hora (ROOBO, 2017).

Outro integrante desse mercado e com grandes expectativas é o Zenbo da ASUS, ilustrado na Figura 29. O Zenbo é um robô auxiliar capaz de controlar toda uma casa, além de tirar fotos e fazer pesquisas na Internet, pode ser um ajudante de cozinha na preparação de receitas,

é capaz de fazer ligações, realizar compras online, contar histórias e interagir com outros objetos conectados, como televisores, lâmpadas e portas (ASUS, 2017).

Figura 29 – Zenbo.
Fonte: (ASUS, 2017)

O Zenbo utiliza a locomoção por rodas, por isso necessita de planos lisos para se locomover. É tido como um robô doméstico e possui na sua cabeça arredondada uma tela *touchscreen* como o Domgy, que na maioria do tempo fica mostrando seu rosto, mas também pode ser usada para expor informações (ASUS, 2017).

Por ser na maioria das vezes controlado, por comando de voz é ideal para idosos e crianças que não tenham tanta afinidade com a tecnologia. Ele ainda pode fazer videoconferências, além de possuir uma câmera de vigilância que detecta, por exemplo, uma queda e informa a uma pessoa responsável do acontecido (ASUS, 2017).

Assim como o Zenbo, considerado um Robô doméstico, o Aido ilustrado na Figura 30, é um robô doméstico pessoal interativo que basicamente pode ser considerado um pacote all-in-one que integra automação residencial, segurança, assistência, entretenimento, além de ser inteligente e interativo, esse pequeno robô móvel pode interagir com crianças e ajudar em tarefas diárias em casa, assim como na segurança da residência (MARTINEZ-MARTIN; POBIL, 2017).

Figura 30 – Aido.
Fonte: Start Engine

As perspectivas de mercado, segundo pesquisa da *BI Inteligence*, para robôs serem usados por consumidores e empresas está previsto para aumentar nos próximos anos, a pesquisa aponta que o mercado de robótica de serviços deverá crescer de US$ 5,6 bilhões em 2014 para US$ 22,5 bilhões em 2021 em um CAGR (*Compound Annual Growth Rate*) que é a taxa de crescimento anual composta, de 18,8% (INSIDER, 2015).

Ainda, segundo a pesquisa da *BI Inteligence*, os dispositivos domésticos conectados tendem a crescer em um CAGR de 67% nos próximos 5 anos com receitas anuais em torno de US$ 490 Bilhões até 2019, tendo em vista que os custos de componentes como sensores diminuíram até 100 vezes na última década (INSIDER, 2015).

Um bom exemplo da adoção do consumidor a robôs domésticos, é o aspirador robótico Roombas, ilustrado na Figura 31, que já vendeu 14 milhões de unidades desde o seu lançamento. A previsão para a venda de robôs pessoais é de cerca de 31 milhões até 2019 (INSIDER, 2015).

Figura 31 – Roomba.
Fonte: IROBOT

No Brasil, foi lançado no ano de 2017 o Tinbot, ilustrado na

Figura 32, da empresa DB1 Global Software, e segundo a empresa ele poderá atuar como assistente pessoal, professor de inglês, intérprete, salva-vidas e muitas outras funções (SOFTWARE,). Segundo Inforchannel (2017), é mais fácil uma máquina apontar os erros e eles serem melhores aceitos pelos funcionários do que por seu supervisor. O Tinbot é livre para cobrar a equipe com a firmeza necessária de um Scrum Master (gerente de projetos), sem causar antipatia.

Figura 32 – Tinbot.
Fonte: Inforchannel (2017)

A RA é normalmente utilizada em residências visando na maioria das vezes aumentar a socialização dos moradores, sendo também utilizada como reabilitação e assistência demonstrando benefícios terapêuticos, ajudando desde a realização de tarefas complicadas como locomoção até uma simples escovação dentaria. A RA é uma área que presta assistência aos seus usuários para aumentar a qualidade de vida dos mesmos (MATARIĆ, 2007).

4 PROJETO E DESENVOLVIMENTO DO ROBÔ ASSISTENTE

Neste capítulo é descrito o projeto e o desenvolvimento do robô assistente. O capítulo inicia descrevendo o projeto do robô proposto nesta dissertação. Para fins de avaliação, e, com base no projeto proposto, o capítulo também descreve o protótipo do robô assistente desenvolvido.

4.1 PROJETO DO ROBÔ ASSISTENTE

A Organização Internacional de Normalização (ISO do inglês *International Organization for Standardization*), organização independente que estabelece padrões para 164 países membros, criou um novo padrão (ISO13482) para garantir que as interações entre robôs cuidadores e humanos sejam seguras (JACOBS; VIRK, 2014).

O padrão ISO 13482 para robôs de serviço, define dentre outras regras três categorias de robôs que interagem com seres humanos, são elas: i) *robô assistente físico*; ii) *robô empregado móvel*; iii) *robô transportador de pessoas* (JACOBS; VIRK, 2014). Com base nesta definição é necessário saber quais as principais características que um robô precisa ter para ser considerado um robô assistente.

Um robô, para poder ser considerado assistente, precisa realizar alguma atividade de apoio, para isso necessita:

- se locomover pelo ambiente- portanto faz-se necessário um sistema de locomoção. Conforme abordado no capítulo 3, existem várias formas de um robô se locomover, mas para o ambiente que este trabalho se propõe, que é a residência de um idoso, o uso de rodas é o mais desejável, já que normalmente as residências tem piso plano e rodas possuem um bom desempenho neste tipo de piso. A Figura 33 exemplifica um sistema de locomoção por rodas.

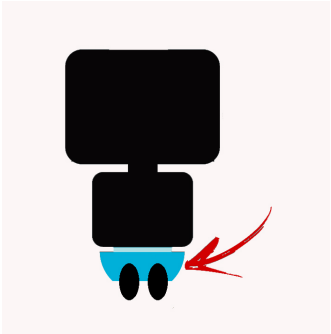

Figura 33 – Sistema de locomoção.
Fonte: Freeimagens (2017), modificada pelo autor

- de informações sobre o ambiente- a maneira com que um robô faz leitura de um ambiente é através de sensores. Existem vários tipos de sensores que podem ser utilizados em robôs assistivos, como por exemplo, sensores de contato, sensores de infravermelho, sensores ultrassônicos, entre outros. Usar o sensoriamento em um robô assistente é muito importante, por que é através destes sensores que são possíveis captar as informações que serão processadas pelo robô, como por exemplo a detecção de obstáculos podendo assim se locomover pela casa do idoso evitando colisões. A Figura 34 exemplifica o uso sensores em um robô.

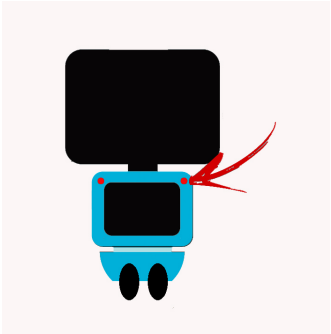

Figura 34 – Uso de sensores.
Fonte: Freeimagens (2017), modificada pelo autor

- um sistema de controle- um circuito eletrônico que recebe e processa as informações captadas pelos sensores e a partir delas toma

decisões sobre como o robô deve se comportar diante de determinada situação. A Figura 35 exemplifica um sistema de controle de um robô.

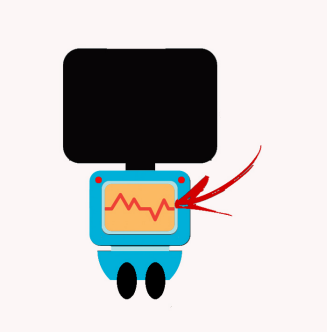

Figura 35 – Sistema de controle.
Fonte: Freeimagens (2017), modificada pelo autor

- enviar informações para o usuário- por isso é necessário a interação entre o robô e o usuário a partir de uma interface entre o robô e o usuário. O envio de informações para o usuário podem ser feito de várias maneiras, dentre elas, por mensagens de texto, uso de imagens e cores na própria interface ou mensagens de voz por exemplo. A Figura 36 exemplifica uma interface de um robô.

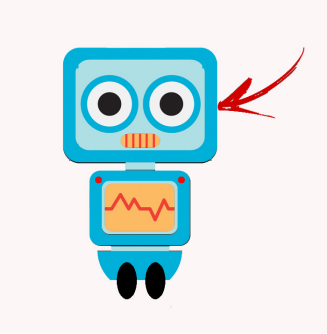

Figura 36 – Exemplo de interface para um robô assistente.
Fonte: Freeimagens (2017), modificada pelo autor

- ser totalmente autônomo ou ser controlado, dependendo da situação que se encontra. Para isso deve ser possível alterar entre as duas funções de maneira simples pelo usuário.

- ser alimentado por alguma fonte de energia.

O robô proposto será estruturado de acordo com o diagrama da Figura 37.

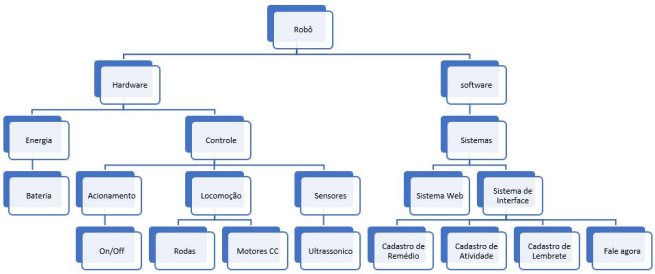

Figura 37 – Estrutura do robô assistente proposto.
Fonte: Elaborada pelo autor

O robô projetado utiliza sensores ultrassônicos e se locomove pelo ambiente através do uso de rodas, acionadas por motores de corrente contínua.

O robô projetado funciona em modo autônomo e também pode ser controlado manualmente através do uso de um aplicativo *Android* via *Bluetooth*, a depender da necessidade do usuário.

Para a interação com os idosos foi projetado um software com uma interface que recebe informações cadastradas através do próprio robô ou via web através de um browser, que acessa um banco de dados em um servidor. O sistema do robô transmite as mensagens faladas. As Figuras 38 e 39 ilustram os diagramas de caso de uso do sistema web e sistema de interface do robô e suas funcionalidades.

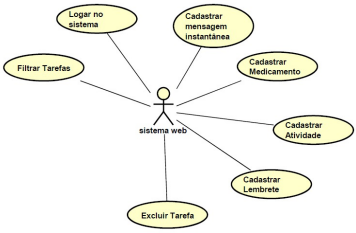

Figura 38 – Diagrama de caso de uso do sistema WEB.
Fonte: Elaborada pelo autor

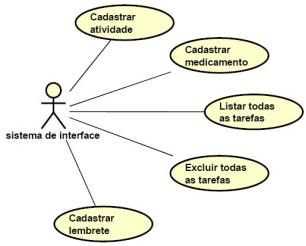

Figura 39 – Diagrama de caso de uso do sistema de interface.
Fonte: Elaborada pelo autor

A escolha das cores para o robô proposto foi baseada em alguns estudos, com isso foram escolhidas cores vibrantes para melhor visualização e interação do idoso já que na terceira idade a visão pode sofrer algumas alterações, sendo que as principais são:

- visão turva;
- com 80 anos a capacidade de captar as informações e transmitilas cai em 75%, comparado com a visão aos 25 anos, a pupila fica menor e a distância focal aumenta;
- no olho do idoso o cristalino fica mais denso e absorve mais tons de azul, assim, ele passa a enxergar mais amarelo;
- aumento da sensibilidade a ofuscamento (ficando menos tolerante a brilhos).

Pelas razões citadas, o local onde residem idosos precisa de praticamente o dobro de luz que o usual. Essa luz também deve ser mais branca-azulada, com temperatura de cor mais elevada. Como os idosos caminham olhando para baixo, sinalizações e placas devem ficar nessa parte do campo visual (ALVES, 2017).

O robô assistente proposto utiliza as cores azuis e laranja e sua interface contrasta tons de azul para ser melhor visualizado pelo idoso. Após definir como deve ser a estrutura física e de software do robô foi desenvolvido um protótipo. O robô assistente projetado está ilustrado na Figura 40.

Figura 40 – Imagem do robô assistente desenvolvido.
Fonte: Elaborada pelo autor

4.2 DESENVOLVIMENTO DO ROBÔ

O protótipo foi construído utilizando materiais fáceis de serem encontrados no mercado, sua base é feita de polietileno, com eixo de metal e duas hastes de ferro, ele é todo revestido de eprom, um tipo de isopor compactado mais resistente que o isopor normal.

O robô possui uma base de 39 cm de largura por 35 cm comprimento, um eixo de 37 cm, com diâmetro das rodas de 15 cm e altura de 1,29 metros, com peso aproximado de 10 quilos.

Na parte superior do robô encontra-se sua "cabeça" formada por um suporte de 30 cm de largura por 25 cm de comprimento, onde é fixado um tablet de 7 polegadas que funciona como IHM (Interação Humano Máquina).

Na parte interna do robô encontra-se a placa de controle dos sensores e atuadores. A Figura 41 ilustra a placa de controle, os detalhes desta placa estão descritos no Apêndice C.

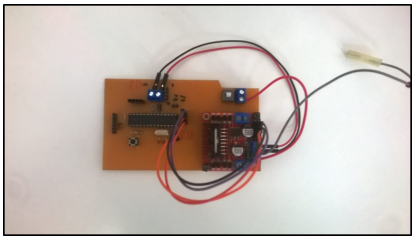

Figura 41 – Placa de controle desenvolvida.
Fonte: Elaborada pelo autor

O sistema do robô é dividido em três partes que são:

- sistema web, que é uma aplicação desenvolvida na linguagem PHP;
- sistema de interface, que é um aplicativo Android, responsável pela interação humano máquina (robô-idoso);
- sistema de controle responsável pela movimentação do robô pelo ambiente.

4.3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLE DO ROBÔ

O robô se movimenta através de duas rodas movidas por dois motores CC, de forma autônoma, desviando de objetos. Os sensores ultrassônicos detectam a presença de objetos na faixa de 10 cm (mínimo) e 1,80 m (máximo). Os motores, assim como todo o circuito de controle, são alimentados por uma bateria de 12 volts. A Figura 42 ilustra o diagrama de funcionamento do sistema de controle do robô.

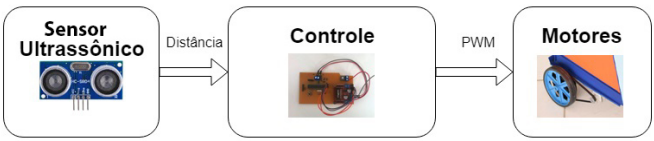

Figura 42 – Diagrama de funcionamento do sistema de controle.
Fonte: Elaborada pelo autor

A placa de controle recebe informações dos sensores ultrassônicos analisa as informações e define qual direção o robô deve tomar para

evitar a colisão. O resultado do controle é um sinal PWM enviado aos motores.

O sistema de controle é reativo e totalmente autônomo, e não interage com os outros sistemas (WEB e IHM).

4.4 DESCRIÇÃO DO SISTEMA WEB

O robô emite mensagens de voz programadas que são incluídas ou, através do próprio sistema do robô via interface ou através de um aplicativo web que acessa remotamente o banco de dados onde são armazenadas as informações que serão ditas pelo robô. A imagem da Figura 43 ilustra o fluxo de mensagens de todo o sistema do robô assistente.

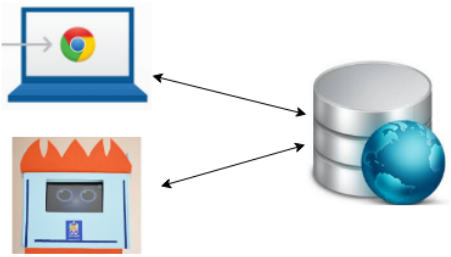

Figura 43 – Fluxo de dados entre o sistema e o banco de dados.
Fonte: Elaborada pelo autor

As mensagens enviadas possuem no máximo 900 caracteres e são utilizadas para avisar o idoso sobre algum tipo de tarefa que o mesmo deve fazer, por exemplo, tomar algum medicamento em um certo horário, fazer uma atividade física ou comer uma determinada refeição.

A aplicação web desenvolvida exige que o usuário possua login e senha para acessar as informações do robô, conforme ilustra a Figura 44. O banco de dados sincroniza as informações enviadas pelo aplicativo Android ou pelo sistema web a cada 40 segundos.

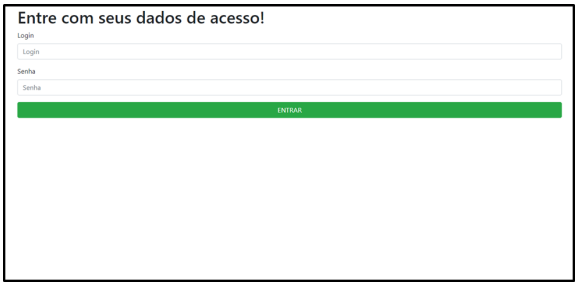

Figura 44 – Tela inicial para login de usuário.
Fonte: Elaborada pelo autor

Assim que o usuário acessa o sistema, visualizará a página de *Tarefas Cadastradas*, como ilustra a Figura 45, onde o mesmo poderá escolher entre os tipos de tarefas *Cadastrar Medicamento*, *Cadastrar Atividades*, *Cadastrar Lembrete* e por fim , a opção *Fale Agora*, que permite enviar uma mensagem instantaneamente.

Figura 45 – Tela de tarefas cadastradas.
Fonte: Elaborada pelo autor

Se o usuário escolher a opção *Cadastrar Medicamento*, ele será redirecionado a outra tela como demonstra a Figura 46, onde irá definir o nome, o horário, a data, o tipo de repetição, bem como a mensagem que será falada pelo robô.

Figura 46 – Tela para cadastrar medicamento.
Fonte: Elaborada pelo autor

Se o usuário escolher a opção *Cadastrar Atividade* ele será redirecionado a outra página como demonstra a Figura 47, onde poderá cadastrar uma nova atividade assim como em *Cadastrar Medicamento*.

Figura 47 – Tela para cadastrar atividade.
Fonte: Elaborada pelo autor

Se o usuário escolher a opção *Cadastrar Lembrete*, será redirecionado a uma página como demonstra a Figura 48, onde poderá cadastrar um lembrete. Este poderá ser usado como uma forma de despertador.

Figura 48 – Tela para cadastrar lembrete.
Fonte: Elaborada pelo autor

Se o usuário escolher a opção *Fale Agora* ele será redirecionado a uma página como demonstra a Figura 49, onde poderá escrever uma mensagem que o robô falará imediatamente, por exemplo, o responsável pode pedir que o robô diga ao idoso que ele deve atender o telefone.

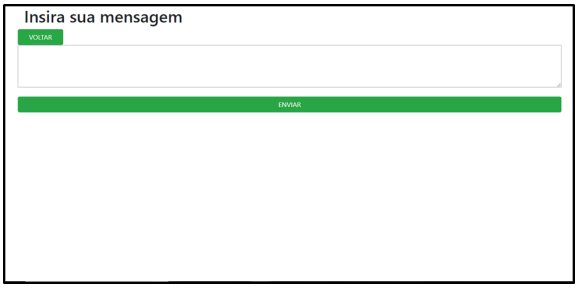

Figura 49 – Tela para cadastrar mensagem instantânea.
Fonte: Elaborada pelo autor

A tela inicial para *Cadastrar Tarefa* lista todas as atividades inseridas como ilustra a Figura 50, além disso mostra o tipo de tarefa que pode ser: M - para medicamento, A - para atividade e L - para lembrete.

Figura 50 – Tela Inicial com lista de tarefas cadastradas.
Fonte:Elaborada pelo autor

O sistema permite filtrar as tarefas por tipo. A Figura 51 ilustra a tela de filtragem de mensagens.

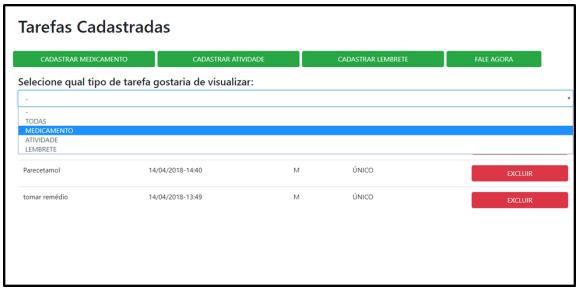

Figura 51 – Tela Inicial com opção de filtragem por tipo de tarefas.
Fonte: Elaborada pelo autor

Todas as funcionalidades exceto, o *Fale Agora*, são possíveis de serem executadas em modo *offline* (sem conexão com internet) no robô através de seu sistema de interface.

4.5 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE INTERFACE DO ROBÔ

A interface do robô é composta por um Tablet de 7 polegadas que executa um aplicativo responsáveis pela IHM, sendo representada por uma carinha simpática como mostra a Figura 52. A interface possibilita que o robô mexa os olhos e a boca, essas características são fundamentais para dar mais realismo ao robô. Na parte superior direita é possível visualizar um pequeno menu que ao ser selecionado abrirá as opções da interface. O cadastro de tarefas realizado via interface do robô, não necessita acessar o servidor para funcionar. Neste caso o sistema tra-

balha em modo offline, ou seja, somente com as tarefas cadastradas no próprio aplicativo.

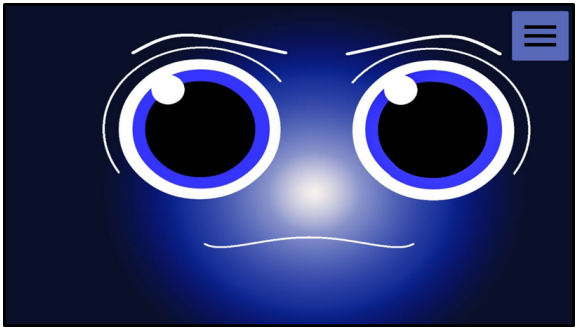

Figura 52 – Interface IHM do robô.
Fonte: Elaborada pelo autor

Acessando o menu é aberta a tela de cadastro das tarefas, conforme ilustra a Figura 53. Nela é possível escolher o tipo de mensagem que o robô irá falar. Assim como no aplicativo web, o usuário tem as opções de classificar a mensagem como medicação, atividade ou lembrete, depois disso dar um nome a tarefa, escrever a mensagem que o robô irá dizer e selecionar a data inicial, assim como o horário que a mensagem deve ser dita e se a mesma deve ser repetida diariamente, semanalmente ou se ela somente será processada uma única vez como exemplificado na Figura 54.

Figura 53 – Cadastro de mensagens no aplicativo do robô.
Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 54 – Configurações do aplicativo.
Fonte: Elaborada pelo autor

Após o usuário salvar a tarefa é possível listar todas as atividades cadastradas. A Figura 55 exemplifica um relatório de tarefas cadastradas.

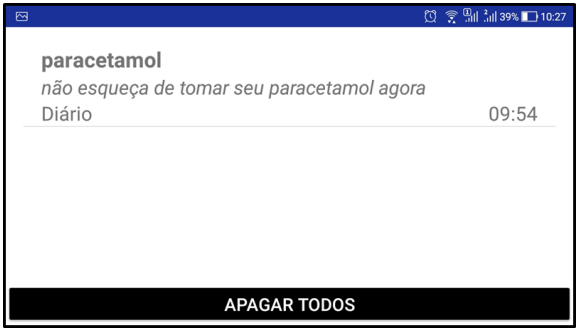

Figura 55 – Lista de atividades cadastradas.
Fonte:Elaborada pelo autor

A interação humano-máquina é fundamental para que os idosos aceitem a tecnologia e possam usufruir dela com qualidade (RENAUD; BILJON, 2008).

O protótipo foi desenvolvido com materiais de baixo custo e é capaz de se locomover pelo ambiente, detectar e desviar de obstáculos, podendo também ser controlado remotamente, recebendo informações tanto da sua própria interface, como via web, processando as informações e através de fala sintetizada enviar as mensagens ao idoso. O robô também pode servir como companhia para acalentar a solidão dos idosos.

5 AVALIAÇÃO DO ROBÔ ASSISTENTE

Neste capítulo são apresentados os resultados das avaliações realizadas com o protótipo. As avaliações realizadas são: de desempenho, funcionais, de usabilidade e unidade.

5.1 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

Com o objetivo de validar o robô assistente proposto e desenvolvido neste trabalho, serão realizadas as seguintes avaliações: de desempenho, funcional, de unidade e de usabilidade.

5.1.1 Avaliação de Desempenho

A avaliação de desempenho se divide em 3 tipos:

- **avaliação de carga**: avalia o software sob as condições normais de uso. Exemplo: o tempo de resposta, o número de transações por minuto, usuários simultâneos, entre outros.

- **avaliação de *stress***: avalia o software sob condições extremas de uso, tais como o volume de transações e picos excessivos de carga em curtos períodos de tempo.

- **avaliação de estabilidade**: avalia se o sistema se mantém funcionando de maneira satisfatória após um período de uso.

Inicialmente foi realizada uma avaliação de carga, onde foram enviadas ao servidor 3 mensagens, cada uma com um intervalo de 5 minutos entre elas. Todas as mensagens foram recebidas e executadas pelo sistema, independentemente do Sistema Operacional. A Tabela 1 lista os dados da avaliação de carga.

Tabela 1 – Resultados da avaliação de carga.

Avaliação 1 : 3 mensagens enviadas com intervalo de 5 minutos entre elas	
Sistema	Resultado
Android 7.0	Todas as mensagens foram recebidas e lidas pelo sistema
Android 4.0	Todas as mensagens foram recebidas e lidas pelo sistema

Fonte: Elaborada pelo autor

Na segunda avaliação de carga, foram enviadas ao servidor 3 mensagens, cada uma com um intervalo de 1 minuto entre elas. Todas as mensagens foram recebidas e executadas pelo sistema, independentemente do Sistema Operacional. A Tabela 2 lista os dados da segunda avaliação de carga.

Tabela 2 – Resultados da segunda avaliação de carga.

Avaliação 2 : 3 mensagens enviadas com intervalo de 1 minutos entre elas	
Sistema	Resultado
Android 7.0	Todas as mensagens foram recebidas e lidas pelo sistema
Android 4.0	Todas as mensagens foram recebidas e lidas pelo sistema

Fonte: Elaborada pelo autor

A terceira avaliação foi de *stress*, onde foram enviadas ao servidor 3 mensagens, com horário de execução simultâneo. Neste caso, todas as mensagens foram recebidas pelo sistema, mas somente a aplicação instalada no Android 7.0 executou as mensagens conforme o previsto. Na versão do Android 4.0 somente a última mensagem foi executada, apesar de todas terem sido recebidas. Os resultados mostram que versões mais antigas do Sistema Operacional interferem no desempenho da aplicação. A Tabela 3 lista os resultados da avaliação de *stress*.

Tabela 3 – Resultados da avaliação de *stress*.

Avaliação 3 : 3 mensagens enviadas simultaneamente	
Sistema	Resultado
Android 7.0	Todas as mensagens foram recebidas e lidas pelo sistema
Android 4.0	Todas as mensagens foram recebidas pelo sistema mas somente a última foi lida.

Fonte:Elaborada pelo autor

Foi realizado outra avaliação de carga considerando acessos simultâneos a aplicação web. Inicialmente com apenas 2 mensagens enviadas simultaneamente de *browsers* diferentes. Nesta avaliação todas as mensagens foram recebidas e armazenadas pelo sistema. A Tabela 4 lista os resultados obtidos com a avaliação de carga de acessos simultâneos.

Tabela 4 – Resultados da avaliação de carga de acessos simultâneos.

Avaliação 4 : 2 mensagens enviadas simultaneamente	
Sistema	Resultado
Web	Todas as mensagens foram recebidas e armazenadas

Fonte: Elaborada pelo autor

Também foi realizada uma segunda avaliação de carga com acessos simultâneos à aplicação web, onde 5 mensagens foram enviadas simultaneamente de *browsers* diferentes. Todas as mensagens foram recebidas e armazenadas pelo sistema. A Tabela 5 lista os resultados da avaliação de carga com acessos simultâneos.

Tabela 5 – Resultados da segunda avaliação de carga de acessos simultâneos.

Avaliação 5 : 5 mensagens enviadas simultaneamente	
Sistema	Resultado
Web	Todas as mensagens foram recebidas e armazenadas

Fonte: Elaborada pelo autor

Foi realizada a avaliação de *stress* com acessos simultâneos a aplicação web, onde 10 mensagens enviadas simultaneamente de *browsers* diferentes. Todas as mensagens foram recebidas e armazenadas pelo sistema. A Tabela 6 lista os resultados da avaliação de *stress* com acessos simultâneos.

Tabela 6 – Resultados da avaliação de *stress* com acessos simultâneos.

Avaliação 6 : 10 mensagens enviadas simultaneamente	
Sistema	Resultado
Web	Todas as mensagens foram recebidas e armazenadas

Fonte: Elaborada pelo autor

Para avaliar a estabilidade, o sistema foi utilizado por 15 dias consecutivos, sendo que todas as tarefas foram realizadas conforme o previsto.

5.1.2 Avaliação Funcional

Neste tipo de avaliação é verificado se as principais funcionalidades do sistema estão corretas. Foram realizados 6 avaliações sobre algumas funções do sistema do robô.

1ª Avaliação Funcional: função *Cadastrar Medicamentos*.

Foram cadastradas repetidamente 100 mensagens nesta função sendo que todas foram executadas com êxito como demonstra o gráfico da Figura 56.

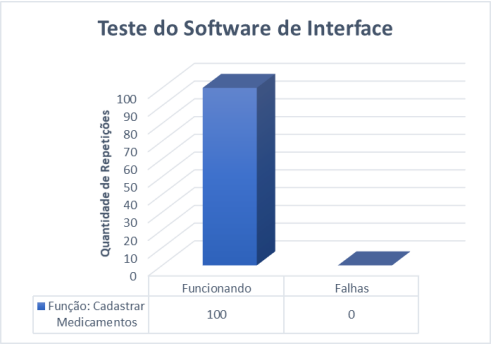

Figura 56 – Avaliação de 100 repetições da função *Cadastrar Medicamentos*.
Fonte: Elaborada pelo autor

2ª Avaliação Funcional: função *Cadastrar Atividades*.

Foram cadastradas repetidamente 100 mensagens nesta função sendo que todas foram executadas como demonstra o gráfico da Figura 57.

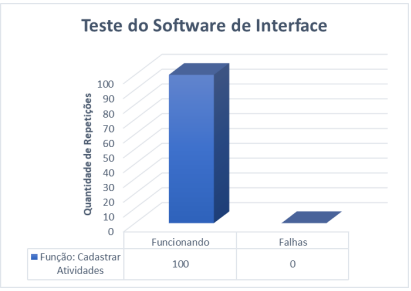

Figura 57 – Avaliação de software com 100 repetições da função *Cadastrar Atividades*.
Fonte: Elaborada pelo autor

3ª Avaliação Funcional: função *Cadastrar Lembretes*.

Foram cadastradas repetidamente 100 mensagens nesta função sendo que 99% foram executadas com êxito como demonstra o gráfico da Figura 58.

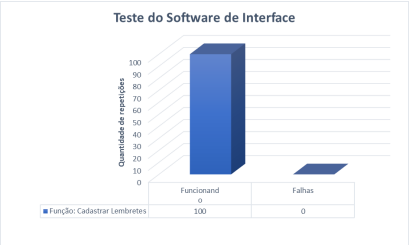

Figura 58 – Avaliação de software com 100 repetições da função *Cadastrar Lembrete*.
Fonte: Elaborada pelo autor

4ª Avaliação Funcional: função *Fale Agora*.

Foram enviadas repetidamente 100 mensagens nesta função sendo que todas foram executadas com êxito em um intervalo médio de 4 a 10 segundos, com um tempo médio de 7 segundos após o envio da mensagem ao banco de dados. O gráfico da Figura 59 ilustra o resultado da avaliação da função *Fale Agora*.

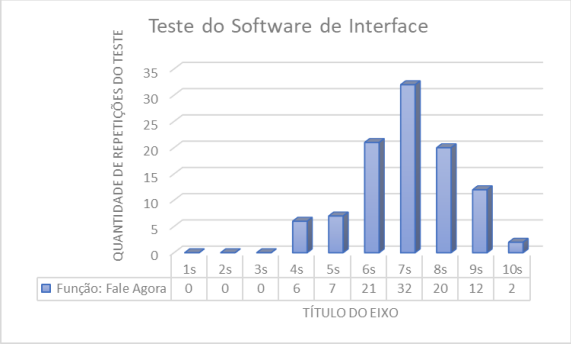

Figura 59 – Avaliação de software com 100 repetições da função *Fale Agora*.
Fonte: Elaborada pelo autor

5ª Avaliação Funcional: função *Intercalar*.

Foram acionadas 100 intercalações entre as funções autônomo e manual, com um êxito de 91% nesta função como ilustra o gráfico da

Figura 60.

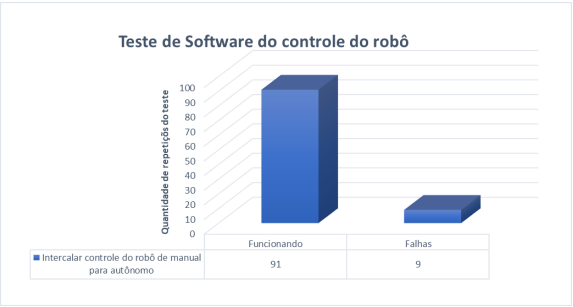

Figura 60 – Avaliação de software de controle do robô - intercalação do controle do robô de manual para autônomo.
Fonte: Elaborada pelo autor

O robô leva em média 1 segundo para mudar do modo manual para autônomo e instantaneamente para fazer o inverso.

6ª Avaliação Funcional: função *Detectar Obstáculos*.

Foram posicionados obstáculos na altura dos sensores em um percurso onde o robô de maneira autônoma, toda vez que se aproximava a uma distância de 30 cm, detectava os obstáculos e evitava a colisão. Essa avaliação foi repetida 100 vezes, com 100% de êxito, como demonstra o gráfico da Figura 61.

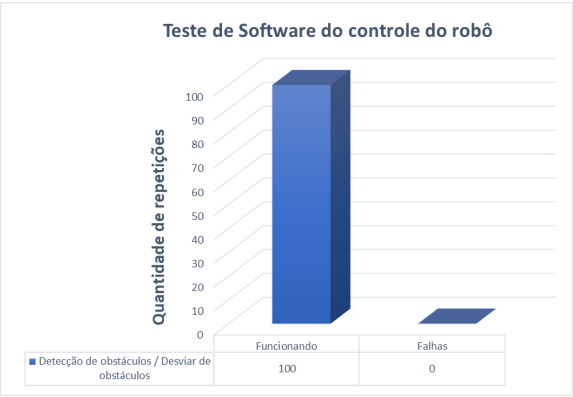

Figura 61 – Teste de software de controle do robô - detecção de obstáculos.
Fonte: Elaborada pelo autor

5.1.3 Avaliação de Unidade

A avaliação de unidade foi feita sobre o sistema de locomoção. Foram avaliadas a velocidade e aceleração do robô nos dois modos (autônomo e controlado manualmente).

A primeira avaliação de velocidade do robô levou em consideração sua velocidade média se movimentando para frente, controlado pelo usuário. Como resultado o robô atingiu uma velocidade média de 0,57 m/s, como ilustra o gráfico da Figura 62.

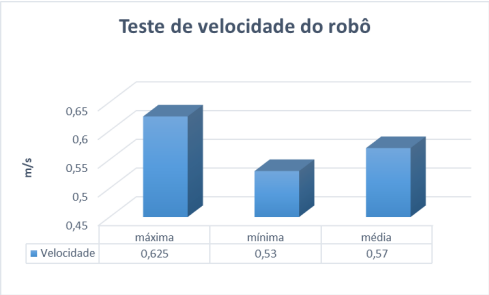

Figura 62 – Avaliação de velocidade do robô manualmente - para frente.
Fonte: Elaborada pelo autor

Também foi avaliada a aceleração média como robô se movimentando para frente, controlado pelo usuário. Como resultado o robô atingiu uma aceleração média de 0,064 m/s^2, como ilustra o gráfico da Figura 63.

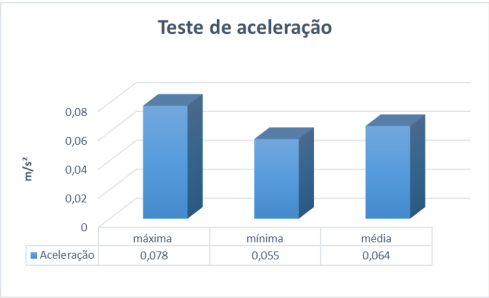

Figura 63 – Avaliação de aceleração do robô manualmente - para frente.
Fonte: Elaborada pelo autor

A segunda avaliação de velocidade do robô levou em consideração sua velocidade média se movimentando para trás, controlado pelo usuário. Como resultado o robô atingiu uma velocidade média de 0,69 m/s, como ilustra o gráfico da Figura 66.

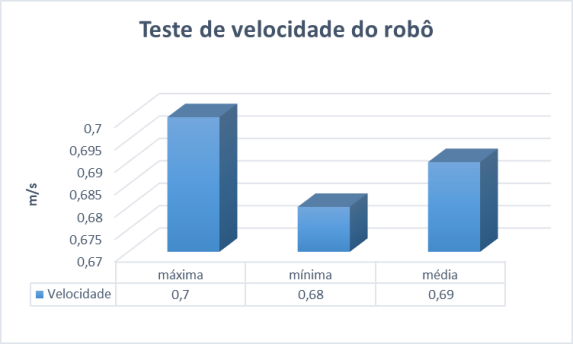

Figura 64 – Avaliação de velocidade do robô manualmente - para trás.
Fonte: Elaborada pelo autor

Na avaliação de aceleração média com o robô se movimentando para frente quando controlado pelo usuário, o robô atingiu uma aceleração média de 0,096 m/s^2, conforme o gráfico da Figura 65.

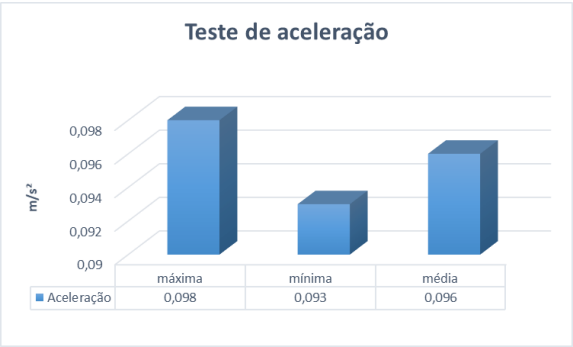

Figura 65 – Avaliação de aceleração do robô manualmente - para trás.
Fonte: Elaborada pelo autor

A terceira avaliação de velocidade do robô levou em consideração sua velocidade média ao se movimentar para frente, em modo autônomo. Como resultado o robô atingiu uma velocidade média de 0,41 m/s, como ilustra o gráfico da Figura 66.

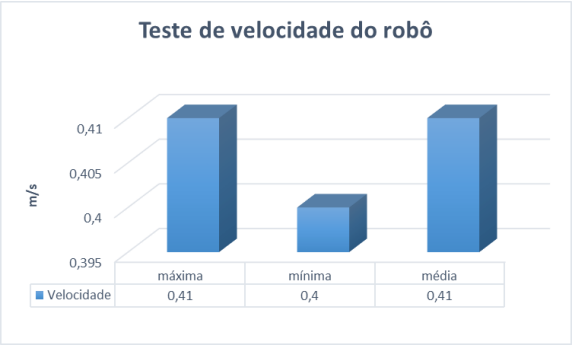

Figura 66 – Avaliação de velocidade do robô autonomamente - para frente.

Também foi avaliada a aceleração média do robô ao se movimentar para frente, em modo autônomo. Como resultado o robô atingiu uma aceleração média de 0,033 m/s^2, como ilustra o gráfico da Figura 67.

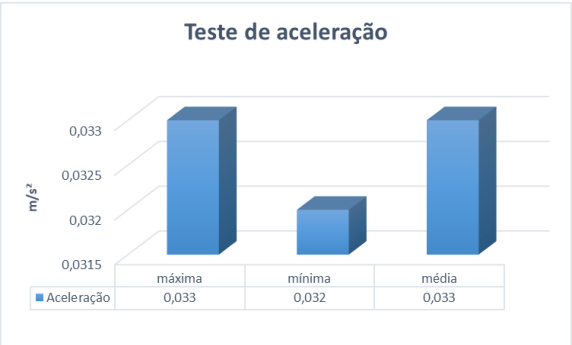

Figura 67 – Avaliação de aceleração do robô autonomamente - para frente.
Fonte: Elaborada pelo autor

5.1.4 Avaliação de Usabilidade

Essa é uma avaliação focada na experiência do usuário, e visa avaliar a consistência da interface, layout, acesso às funcionalidades etc. São avaliações que enfatizam fatores humanos, estética, ajuda on-line e contextual, assistentes e agentes, documentação do usuário e material de treinamento.

5.1.4.1 Interface

A forma escolhida para a avaliação de interface foi a cooperativa, que possibilita a integração entre o pesquisador, a interface e seu público alvo. A integração do participante com o projeto se dá a partir do momento que ele explica as suas dificuldades, suas ações e experiências, relacionadas com a interface. Este tipo de avaliação é recomendado para produtos que necessitam aprimoramento ou protótipos que já estejam funcionando (TEIXEIRA; MORAES, 2004).

TEIXEIRA e MORAES (2004), ressaltam algumas etapas que devem ser consideradas para este tipo de avaliação:

- Recrutar 1 ou mais participantes com o perfil do usuário final.
- Definir algumas atividades relevantes para o usuário utilizar na interface.
- Cada usuário deve relatar os problemas encontrados, enquanto o pesquisador registra.
- O pesquisador, com base nestas informações, deve identificar os problemas e acertos na interface.
- Também pode ser proposto um questionário para avaliação de dificuldade de uso da mesma.

Foram escolhidos 6 usuários aleatoriamente para avaliar a interface do robô e a interface web. A avaliação foi estruturada com base em um roteiro de ações que o usuário deveria tentar executar na interface sem ajuda de ninguém. A Figura 68, ilustra a média de idade destes entrevistados, já a Figura 69, ilustra o percentual referente ao gênero dos entrevistados e a Figura 70, ilustra o gráfico com os níveis de escolaridade dos entrevistados.

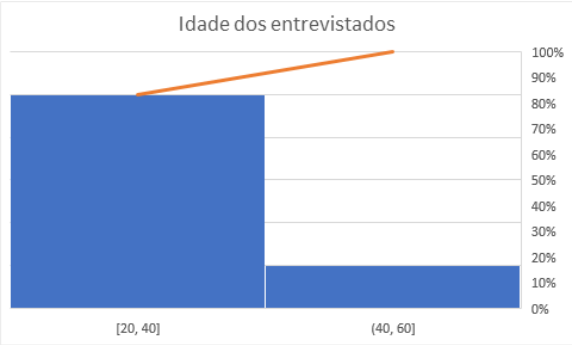

Figura 68 – Média de idade dos entrevistados
Fonte: Elaborada pelo autor

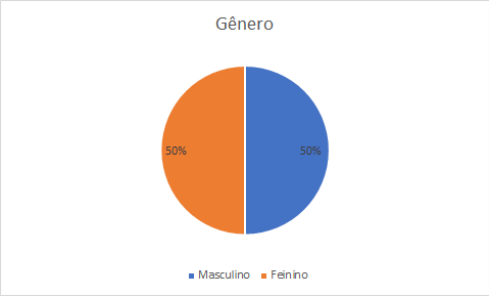

Figura 69 – Gênero dos entrevistados
Fonte: Elaborada pelo autor

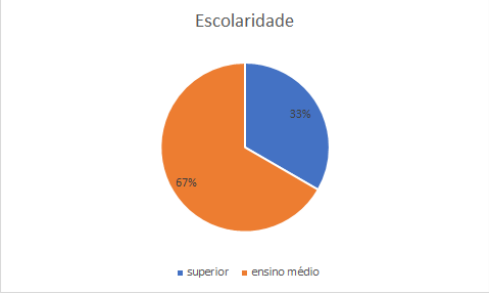

Figura 70 – Escolaridade dos entrevistados
Fonte: Elaborada pelo autor

- Roteiro de atividades para avaliação da interface do robô:

1. Cadastrar um medicamento

2. Cadastrar uma Atividade

3. Cadastrar um lembrete

4. Listar todas as tarefas

5. Excluir as tarefas

5.1.4.2 Resultados da interface do robô

A primeira pergunta visava avaliar a facilidade de uso da interface do robô. O gráfico da Figura 71 ilustra o resultado obtido. Percebe-se que a maioria dos usuários achou fácil sua utilização. Sendo que 66% dos entrevistados escolheram entre as opções fácil e muito fácil.

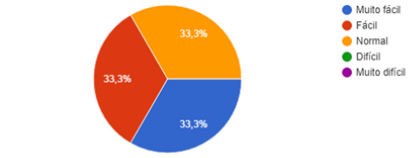

Figura 71 – Pergunta 1: você achou fácil de usar a interface do robô?
Fonte: Elaborada pelo autor

A segunda pergunta tinha como propósito saber se o usuário gostou do estilo da interface, suas cores e a forma como estavam disponibilizados os ícones. E a resposta foi unânime já que todos os usuários disseram que sim, como ilustra o gráfico da Figura 72.

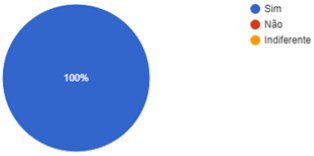

Figura 72 – Pergunta 2: você gostou do estilo da interface?
Fonte: Elaborada pelo autor

A terceira pergunta visava saber se a avaliação positiva estava relacionada a alguma experiência anterior com uma interface similar. O resultado demonstra que não, já que 66% disseram que não tinham utilizado interface parecida. O gráfico da Figura 73 ilustra o resultado obtido com esta questão.

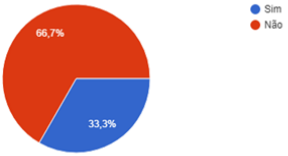

Figura 73 – Pergunta 3: você já usou alguma interface parecida com esta?
Fonte: Elaborada pelo autor

A quarta pergunta estava relacionada com a intuitividade da interface, ou seja, se a mesma é ou não é intuitiva. Novamente foi obtido um bom resultado, visto que a maioria dos entrevistados achou a interface intuitiva e de fácil utilização, como ilustra o gráfico da Figura 74.

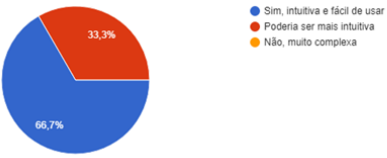

Figura 74 – Pergunta 4: você achou intuitivo a forma como a interface estava estruturada e conseguiu entender o que era preciso para fazer a atividade solicitada?
Fonte: Elaborada pelo autor

A quinta pergunta estava relacionada a se o usuário utilizaria a interface projetada. O gráfico da Figura 75 ilustra o resultado desta pergunta.

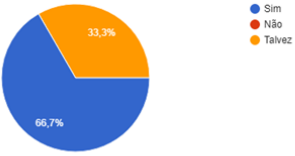

Figura 75 – Pergunta 5 : Se tivesse disponibilidade você usaria uma interface como esta?

Além destas 5 perguntas, o usuário ainda foi questionado sobre a possibilidade de alteração da interface, com a seguinte pergunta:

- O que você mudaria na interface do robô?

Dentre todas as respostas a que mais se repetiu foi a forma de navegação entre as opções. Depois de utilizar a interface do robô, foi solicitado para o usuário, testar a interface web e, praticamente fazer as mesmas atividades realizadas na interface do robô, o roteiro definido nesta avaliação foi:

- Roteiro de atividades para avaliação da interface web:

1. Fazer Login
2. Cadastrar um medicamento
3. Cadastrar uma atividade
4. Cadastrar um lembrete
5. Cadastrar uma mensagem instantânea
6. Filtrar tarefas
7. Excluir as tarefas

RESULTADOS DA INTERFACE WEB

A primeira pergunta sobre a interface web, avaliou a experiência do usuário com relação a facilidade de uso da interface. Todos acharam a interface de fácil utilização, como ilustra o gráfico da Figura 76.

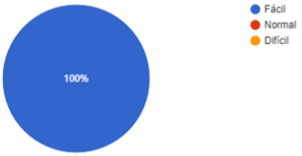

Figura 76 – Pergunta 1: você achou a interface web de fácil utilização?
Fonte: Elaborada pelo autor

A segunda pergunta indagava ao usuário sobre o estilo da interface, suas cores e a forma como estava disponibilizado os ícones. E novamente todos os usuários disseram que sim, como ilustra o gráfico da Figura 77.

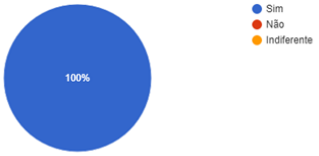

Figura 77 – Pergunta 2: você gostou do estilo da interface web?
Fonte: Elaborada pelo autor

A terceira pergunta analisou se a interface web é intuitiva. O resultado foi que todos os usuários disseram que sim, conforme o gráfico ilustrado da Figura 78.

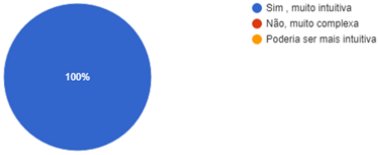

Figura 78 – Pergunta 3: você achou intuitivo a forma como a interface estava estruturada e conseguiu entender o que era preciso para fazer a atividade solicitada?
Fonte: Elaborada pelo autor

A quarta pergunta visava saber se os usuários utilizariam a interface web. Todos os usuários disseram que usariam, como ilustra o gráfico da Figura 79

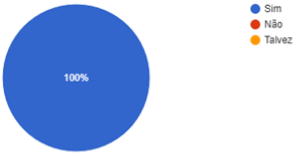

Figura 79 – Pergunta 4 : Se tivesse disponibilidade você usaria uma interface web como esta?
Fonte: Elaborada pelo autor

Além destas quatro perguntas novamente foi feita a pergunta:

- O que você mudaria na interface web?

Dentre a maioria das respostas, estão a troca das cores dos ícones, que no momento são verdes e o aumento da fonte.

Percebe-se pelos gráficos apresentados que houve uma melhor aceitação da interface web para cadastrar as atividades do que na própria interface do robô, talvez pela prática dos usuários em manusear mais um notebook do que um Tablet.

5.1.4.3 Aceitação

Foram escolhidos aleatoriamente 5 idosos para uma demonstração das funcionalidades do robô assistente, a Figura 80 ilustra o percentual de idosos com cognitivo preservado, a Figura 81 ilustra o nível socioeconômico dos idosos que participaram demonstração e a Figura 82, ilustra o gráfico com o nível de escolaridade dos idosos que participaram da pesquisa. Nesta demonstração o robô se locomoveu desviando de obstáculos e interagiu com os idosos, falando mensagens previamente programadas.

Figura 80 – Cognitivo preservado.
Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 81 – Nível socioeconômico.
Fonte: Elaborada pelo autor

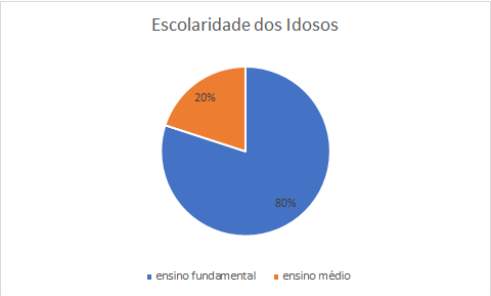

Figura 82 – Escolaridade.
Fonte: Elaborada pelo autor

Após a demonstração o idoso foi convidado a controlar o robô de forma manual utilizando um *smartphone* como controle, após conhecer,

interagir e manusear o robô foram feitas algumas peguntas para os idosos. A primeira pergunta foi:

- O que você achou do robô?

Dentre todas as respostas a grande maioria achou legal, bom, divertido e interessante. A segunda pergunta foi:

- O que você achou da forma como o robô se expressa? Maneira de andar, falar e interagir.

Para esta pergunta os idosos em sua maioria responderam que o robô fala rápido, mas que é compreensível e acharam aceitável por se tratar de uma máquina. A terceira pergunta foi:

- Em relação a forma do robô, o que você mudaria?

Esta foi a pergunta com mais respostas diferentes, alguns gostariam de mudar a cor do rosto, outros gostariam que o robô fosse mais arredondado, alguns acharam ele muito escuro e outros até sugeriram novas cores. A quarta pergunta foi:

- Como foi controlar o robô manualmente?

A resposta dessa pergunta foi praticamente unânime, uma vez que quase todos disseram que foi muito legal, entre as palavras deles estão: "parece um brinquedinho", "achei bem divertido", "achei que não iria conseguir, mas foi fácil", "é como um carinho de controle", mostrando assim, que eles gostaram de utilizar o robô como uma distração.

A quinta pergunta visava descobrir o que eles pensavam a respeito da eficiência do robô em desviar de obstáculos e se comunicar, e as respostas ficaram entre muito eficiente (60%) e aceitável(40%), como ilustra o gráfico da Figura 83.

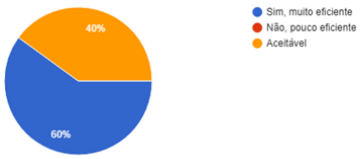

Figura 83 – Pergunta 5: Você achou o robô eficiente?
Fonte: Elaborada pelo autor

Por fim, a sexta e última pergunta, visava saber se o produto teria mercado, se os idosos gostariam de ter um robô assistente em suas casas, para lhe auxiliarem e servir como companhia. E como resposta a essa pergunta os idosos entrevistados responderam majoritariamente (80%) que sim, ou seja, que gostariam de ter um robô como este. Nenhum idoso respondeu negativamente e alguns ficaram em dúvida e preferiram dizer talvez (20%), como ilustra o gráfico da Figura 84.

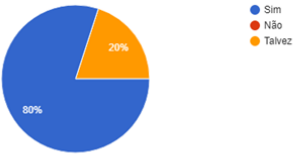

Figura 84 – Pergunta 6: Você gostaria de ter um robô assistente em sua casa?
Fonte: Elaborada pelo autor

Baseando-se nos resultados dessa pesquisa pode-se afirmar que a aceitação de robôs assistentes dentre os idosos é clara. Obviamente para uma definição mais precisa seria necessário um número maior de entrevistados, além de mais tempo de avaliações, mas mesmo assim é possível afirmar que esta tecnologia é promissora.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

A utilização de robôs assistivos para auxílio de pessoas idosas vem crescendo no mundo todo. O uso desta tecnologia traz como principais vantagens, auxiliar nas funções motoras de pessoas que tem algum problema físico ou cognitivo, melhorar a autoestima, melhorar a interação social do idoso, ajudar na realização de tarefas, ajudar a lembrar atividades e medicamentos que necessitam ser utilizados, auxiliar na questão de segurança das pessoas e ainda servir de companhia para o idoso.

As desvantagens ficam por conta de ser um sistema computacional que precisa de alguns requisitos para funcionar, como por exemplo bateria, acesso a internet, sendo ainda que em alguns casos os robôs não têm a capacidade de tomar determinadas decisões, mediante a alguma situação para qual ele não foi programado. Este trabalho visou responder a seguinte pergunta:

- É possível desenvolver um robô que interaja com idosos através de fala sintetizada, que auxilie em tarefas diárias, afim de proporcionar melhores condições de vida a eles?

O robô proposto mostrou que pode desempenhar essas funções, que pode "viver" no ambiente sugerido e auxiliar os idosos. Se mostrou eficiente na execução de tarefas e que pode ser bem compreendido uma vez que ele trabalha com interação por voz, é facilmente programável tanto fisicamente como remotamente.

Com base nos estudos realizados, e as tendências atuais citadas no Capítulo 3, que mostram o grande número de robôs assistentes que vem sendo desenvolvido pelo mundo, principalmente em países do oriente, como o Japão, e por grandes empresas como Honda, Panasonic, Sony, Asus entre outras, é possível acreditar que este mercado está em grande ascensão.

O robô proposto nesta dissertação não foi desenvolvido com intuito de competir com essas empresas, mas se mostrou eficiente no que foi proposto. Por se tratar de um protótipo muitas questões precisam ser melhoradas, como por exemplo a recarga automatizada da bateria, agregar outros tipos de sensores, a locomoção poderá usar algum tipo de sensor que permite que ele ande o mais próximo possível do idoso e a integração total entre todos os sistemas do robô que hoje são separados.

Com isso é possível imaginar que os robôs assistentes provavel-

mente estarão presentes na maioria das casas das pessoas auxiliando e entretendo as mesmas, muito em breve.

6.1 PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS

Seguem algumas propostas para trabalhos futuros que visam aperfeiçoar e/ou estender o presente trabalho:

1. Elaborar um sistema para a recarga da bateria, onde o robô possa se conectar automaticamente ao uma fonte de alimentação.
2. Implementar um sistema de vídeo chamadas para que o idosos possa se comunicar com seus familiares.
3. Implementar um sistema para detecção de quedas dos idosos, utilizando computação visual, e um botão que quando o idoso acione algum sistema envie um SOS para os responsáveis ou para o serviço de emergência.
4. Avaliar o desempenho do robô em um ambiente real.

REFERÊNCIAS

AHN, M.; BEAMISH, J. O.; GOSS, R. C. Understanding older adults' attitudes and adoption of residential technologies. **Family and Consumer Sciences Research Journal**, Wiley Online Library, v. 36, n. 3, p. 243–260, 2008.

ALVES, F. S. Iluminação universal: A ergonomia e o design universal aplicados ao projeto lumínico em sala de aula. 2017.

ALVES, J. B. d. M. Teoria geral de sistemas: em busca da interdisciplinaridade. **Florianópolis: Instituto Stela**, p. 179, 2012.

ALVES, S. F. d. R. **Arquitetura de controle inteligente para interação humano-robô**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2016.

ASHBY, W. R. **Uma introdução à cibernética**. [S.l.]: Perspectiva, 1970.

ASIA, C. **Dinsow mini Elderly companion**. 2017. Http://www.dinsow.com/index.html. Disponível em: <http://www.dinsow.com/index.html>.

ASSOCIATION, R. I. et al. Ansi/ria r15. 06: 2012 safety requirements for industrial robots and robot systems. **Ann Arbor: Robotic Industries Association**, 2012.

ASUS. **Zenbo your samart litle companion**. 2017. Https://zenbo.asus.com/. Agosto 16, 2017. Disponível em: <https://zenbo.asus.com/>.

BECKER, M. et al. Estudo sobre robos de locomoção: formas construtivas, dirigibilidade e controle. [sn], 1997.

BEER, J. M. et al. The domesticated robot: design guidelines for assisting older adults to age in place. In: ACM. **Proceedings of the seventh annual ACM/IEEE international conference on Human-Robot Interaction**. [S.l.], 2012. p. 335–342.

BELISARIO, D. P. **Media Effects Research Laboratory**. 2017. Http://bellisario.psu.edu/medialab/research. Disponível em: <http://bellisario.psu.edu/medialab/research>.

BERAN, T. N. et al. Reducing children's pain and distress towards flu vaccinations: A novel and effective application of humanoid robotics. **Vaccine**, Elsevier, v. 31, n. 25, p. 2772–2777, 2013.

BERSCH, R. Introdução à tecnologia assistiva. **Porto Alegre: CEDI**, 2008.

BORENSTEIN, J.; ARKIN, R. C. Nudging for good: robots and the ethical appropriateness of nurturing empathy and charitable behavior. **AI & SOCIETY**, Springer, v. 32, n. 4, p. 499–507, 2017.

BRASIL, M. Ministério da ciência, tecnologia e inovação. **Aumento da autonomia e indepenência de pessoas com deficiência Parte**, v. 2, p. 280, 2016.

BROEKENS, J. et al. Assistive social robots in elderly care: a review. **Gerontechnology**, v. 8, n. 2, p. 94–103, 2009.

BUESING, C. et al. Effects of a wearable exoskeleton stride management assist system (sma®) on spatiotemporal gait characteristics in individuals after stroke: a randomized controlled trial. **Journal of neuroengineering and rehabilitation**, BioMed Central, v. 12, n. 1, p. 69, 2015.

CAIADO, K. R. M. Convenção internacional sobre os direitos das pessoas com deficiencias: destaques para o debate sobre a educação. **Revista Educação Especial**, Universidade Federal de Santa Maria, v. 22, n. 35, 2009.

CALDAS, C. P. Envelhecimento com dependência: responsabilidades e demandas da família aging with dependence: family needs and responsibilities. **Cad. Saúde Pública**, v. 19, n. 3, p. 773–781, 2003.

CANCELA, D. M. G. O processo de envelhecimento. **Trabalho realizado no Estagio de Complemento ao Diploma de Licenciatura em Psicologia pela Universidade Lusiada do Porto**, v. 3, 2007.

CHAN, W. P. et al. A human-inspired object handover controller. **The International Journal of Robotics Research**, Sage Publications Sage UK: London, England, v. 32, n. 8, p. 971–983, 2013.

CORKE, P. **Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms In MATLAB® Second, Completely Revised**. [S.l.]: Springer, 2017.

CORREA, D. S. O. **Navegação autônoma de robôs móveis e detecção de intrusos em ambientes internos utilizando sensores 2D e 3D**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2013.

FEIL-SEIFER, D.; MATARIC, M. J. Defining socially assistive robotics. In: IEEE. **Rehabilitation Robotics, 2005. ICORR 2005. 9th International Conference on**. [S.l.], 2005. p. 465–468.

FREEIMAGENS. **Newest Free Images and Stock Photos**. 2017. Disponível em: <https://www.freeimages.com>.

GONÇALVES, P. Robótica, uma visão para o futuro. **Revista do Instituto Politécnico de Castelo Branco**, IPCB, v. 1, p. 12–18, 2011.

GRAGNOLATI, M. et al. Envelhecendo em um brasil mais velho. **Banco Internacional para a Reconstrução e o Desenvolvimento. Banco Mundial, Washington (DC)**, p. 1–62, 2011.

GROOTHUIS, S. S.; STRAMIGIOLI, S.; CARLONI, R. Lending a helping hand: Toward novel assistive robotic arms. **IEEE robotics & automation magazine**, IEEE, v. 20, n. 1, p. 20–29, 2013.

GUENTHER, R.; PIERI, E. D. Avaliação de desempenho de robôs industriais. **Universidade Federal de Santa Catarina**, v. 15, 2000.

GUIZZO, E. Cynthia breazeal unveils jibo, a social robot for the home. **IEEE Spectrum**, 2014.

HONDA. **Advancing Human Mobility**. 2017. Disponível em: <http://asimo.honda.com/innovations/feature/stride-management-assist>.

HOTZ, J. d. S. **Bancada didática para controle de nível e temperatura**. Dissertação (B.S. thesis) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

INFORCHANNEL. **Conheça TinBot, o primeiro robô com IA para desenvolvimento de software**. 2017. Disponível em: <https://inforchannel.com.br/2017/07/05/conheca-tinbot-o-primeiro-robo-com-ia-para-desenvolvimento-de-software/>.

INSIDER, B. **THE ROBOTICS MARKET REPORT: The fast-multiplying opportunities in consumer, industrial, and office robots**. 2015. Http://www.businessinsider.com/growth-statistics-for-robots-market-2015-2.

JACOBS, T.; VIRK, G. S. Iso 13482-the new safety standard for personal care robots. In: VDE. **ISR/Robotik 2014; 41st International Symposium on Robotics; Proceedings of**. [S.l.], 2014. p. 1–6.

JOHN, E. S. Interação multimodal adaptativa embarcada em robótica assistiva para comunicação com pessoas com deficiência. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2016.

JOHN, E. S.; RIGO, S. J.; BARBOSA, J. Assistive robotics: Adaptive multimodal interaction improving people with communication disorders. **IFAC-PapersOnLine**, Elsevier, v. 49, n. 30, p. 175–180, 2016.

JUNG, M. M.; LEIJ, L. van der; KELDERS, S. M. an exploration of the benefits of an animallike robot companion with more advanced touch interaction capabilities for dementia care. **Frontiers in ICT**, Frontiers, v. 4, p. 16, 2017.

KAC, E. Origem e desenvolvimento da arte robótica. **Cadernos da Pós-Graduação**, v. 2, p. 18–28, 1997.

KOCH, S. Healthy ageing supported by technology–a cross-disciplinary research challenge. **Informatics for Health and Social Care**, Taylor and Francis, v. 35, n. 3-4, p. 81–91, 2010.

LENHART, A. et al. **Teens, social media and technology overview 2015**. [S.l.]: Pew Research Center [Internet and American Life Project], 2015.

LYNCH, J.; HOPE, J.; LEE, K. An evaluation of parents and caregiver perceptions of online communication in intermediate (middle) schooling: Involvement and effectiveness. In: **The Asian Conference on Technology in the Classroom**. [S.l.: s.n.], 2013.

MANDULA, K. et al. Mobile based home automation using internet of things (iot). In: IEEE. **Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT), 2015 International Conference on**. [S.l.], 2015. p. 340–343.

MARTINEZ-MARTIN, E.; POBIL, A. P. del. Personal robot assistants for elderly care: An overview. In: **Personal Assistants: Emerging Computational Technologies**. [S.l.]: Springer, 2017. p. 77–91.

MATARIĆ, M. J. **The robotics primer**. [S.l.]: Mit Press, 2007.

MATTOZO, T. R. et al. Tecnologia assistiva. 2016.

MEDEIROS, A. Introdução à robótica. **Anais do XVII Encontro Nacional de Automática**, v. 1, p. 56–65, 1998.

MINAMI, Y. Executive summary: world robotics 2017 industrial robots. **Available online on https://ifr.org. Accessed in**, p. 8–18, 2017.

MOBILEROBOTS. **Pioneer P3-DX**. 2017. Disponível em: <http://www.mobilerobots.com/ResearchRobots/PioneerP3DX.aspx>.

MOREIRA, A.; VASCONCELOS, F. Filho, j. uso de robótica assistiva no auxílio de pessoas com deficiências visuais. **V CONNEPI-2010**, 2010.

MUSSOLINI, C. C. et al. **Envelhecimento e auto-eficácia: dispositivos assistivos desenvolvidos e adaptados pelos idosos**. Tese (Doutorado) — Dissertação de Mestrado. São Paulo: Programa de Estudos Pósgraduados em Gerontologia da PUC/SP, 2007.

OBSERVADOR. **Ascensão dos robôs: ate onde podem chegar as maquinas**. 2017. Disponível em: <http://observador.pt/especiais/ascencao-dos-robos-ate-onde-podem-chegar-as-maquinas/>.

ONU. **Total Population - Both Sexes. De facto population in a country, area or region as of 1 July of the year indicated. Figures are presented in thousands.** 2017. Https://esa.un.org/unpd/wpp/Download/Standard/Population/. Disponível em: <https://esa.un.org/unpd/wpp/Download/Standard/Population/>.

PANASONIC. **Robotics Technology Solutions**. 2017. Https://na.industrial.panasonic.com/solutions/robotics. Agosto 16, 2017. Disponível em: <https://na.industrial.panasonic.com/solutions/robotics/>.

PINHEIRO, C. G. et al. Alternative communication systems for people with severe motor disabilities: a survey. **Biomedical engineering online**, BioMed Central, v. 10, n. 1, p. 31, 2011.

PISSARDINI, R. d. S. **Veículos autônomos de transporte terrestre: proposta de arquitetura de tomada de decisão para navegação autônoma.** Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2016.

PRONATEC. **Tecnico em orteses e proteses**. 2016. Disponível em: <http://www.pronatec2016.org>.

RENAUD, K.; BILJON, J. V. Predicting technology acceptance and adoption by the elderly: a qualitative study. In: ACM. **Proceedings of the 2008 annual research conference of the South African Institute of Computer Scientists and Information Technologists on IT research in developing countries: riding the wave of technology**. [S.l.], 2008. p. 210–219.

RINCON, R. L. Framework de definição de trajetória para robôs móveis. **Citado na**, p. 38, 2013.

ROBINSON, H.; MACDONALD, B.; BROADBENT, E. The role of healthcare robots for older people at home: A review. **International Journal of Social Robotics**, Springer, v. 6, n. 4, p. 575–591, 2014.

ROBOTICS, B. F. Buddy the first companion robot. **Retrieved**, v. 8, p. 2016, 2016.

ROBOTICS, C. **Join the MiRo development community and help create the next generation of biomimetic autonomous companion robots.** 2017. Http://consequentialrobotics.com/miro/. Disponível em: <http://consequentialrobotics.com/miro/>.

ROBOTICS, I. **Elli-Q the gizmo that gets you**. 2017. Https://www.intuitionrobotics.com/elliq/. Disponível em: <https://www.intuitionrobotics.com/elliq/>.

ROCHA, E. F.; CASTIGLIONI, M. do C. Reflexões sobre recursos tecnológicos: ajudas técnicas, tecnologia assistiva, tecnologia de assistência e tecnologia de apoio. **Revista de Terapia Ocupacional da Universidade de São Paulo**, v. 16, n. 3, p. 97–104, 2005.

RODRIGUES, C. M. B. et al. Sistemas de locomoção com quatro ou mais patas. 2013.

ROOBO. **Service Robot**. 2017. Http://www.roobo.com/en/. Disponível em: <http://www.roobo.com/en/>.

ROSSI, A. et al. Investigating human perceptions of trust in robots for safe hri in home environments. In: ACM. **Proceedings of the Companion of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction**. [S.l.], 2017. p. 375–376.

RUYER, R. **A Cibernetica ea origem da informação**. [S.l.]: Paz e Terra, 1972.

SABANOVIC, S. et al. Paro robot affects diverse interaction modalities in group sensory therapy for older adults with dementia. In: IEEE. **Rehabilitation Robotics (ICORR), 2013 IEEE International Conference on**. [S.l.], 2013. p. 1–6.

SALVALAIO, C. L. Contribuição ao estudo da captura do movimento aplicado ao design em tecnologia assistiva. 2012.

SHANKAR, A. et al. Social isolation and loneliness: Prospective associations with functional status in older adults. **Health psychology**, American Psychological Association, v. 36, n. 2, p. 179, 2017.

SHARKEY, A.; SHARKEY, N. Granny and the robots: ethical issues in robot care for the elderly. **Ethics and Information Technology**, Springer, v. 14, n. 1, p. 27–40, 2012.

SIEGWART, R.; NOURBAKHSH, I. R.; SCARAMUZZA, D. **Introduction to autonomous mobile robots**. [S.l.]: MIT press, 2011.

SIMMONS, R. G. Structured control for autonomous robots. **IEEE transactions on robotics and automation**, IEEE, v. 10, n. 1, p. 34–43, 1994.

SOFTBANK. **The SoftBank Robot**. 2017. Https://www.softbank.jp/en/robot/. Agosto 16, 2017. Disponível em: <https://www.softbank.jp/en/robot/>.

SOFTWARE, D. G. **Robô criado com Inteligência Artificial, Tinbot, howpublished = http://db1.com.br, year = 2017, url = blog.db1.com.br/tinbot-robo-inteligencia-artificial,**.

SONY. **Xperia Hello!** 2017. Http://www.sony.jp/xperia-smart-products/products/G1209/. Disponível em: <http://www.sony.jp/xperia-smart-products/products/G1209/>.

STEFAN, S. **Unequal rights: Discrimination against people with mental disabilities and the Americans With Disabilities Act.** [S.l.]: American Psychological Association, 2001.

STEPTOE, A. et al. Social isolation, loneliness, and all-cause mortality in older men and women. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, National Acad Sciences, v. 110, n. 15, p. 5797–5801, 2013.

STOCKFREEIMAGES. **Free Robot Stock Images**. 2018. Disponível em: <https://www.stockfreeimages.com/p1/robot.html>.

TÉCNICAS, C.-C. de A. Ata da reunião vii, de dezembro de 2007 do comitê de ajudas técnicas. **Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República (CORDE/SEDH/PR)**, 2007.

TEIXEIRA, E. A. d. S.; MORAES, A. d. Avaliação cooperativa da interface de sites hipermídias focados na banda larga. In: **Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade, Design de Interfaces e Interação Humano-Computador**. [S.l.: s.n.], 2004. v. 3, p. 6–27.

THIEME, A. et al. We've bin watching you: designing for reflection and social persuasion to promote sustainable lifestyles. In: ACM. **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. [S.l.], 2012. p. 2337–2346.

TOYOTA. **Partner Robot**. 2017. Http://www.toyota-global.com/innovation/partner_robot/. Agosto 16, 2017. Disponível em: <http://www.toyota-global.com/innovation/partner_robot/>.

WOLF, D. F. et al. Robótica móvel inteligente: Da simulação às aplicações no mundo real. In: **Mini-Curso: Jornada de Atualização em Informática (JAI), Congresso da SBC**. [S.l.: s.n.], 2009. p. 13.

ZHANG, J. S. J. B. Idc futurescape: Worldwide robotics 2018 predictions. p. 15, 2017.

APÊNDICE A – Código Fonte do Sistema de Controle do Robô

Este apêndice apresenta o código fonte do sistema de controle do robô, que trata do controle dos motores CC baseados nos dados obtidos pelos sensores ultrassônicos.

A.1 CÓDIGO FONTE

```
1
2           //L2928N Connection
3           const int motorA1   = 5;
4           const int motorA2   = 6;
5           const int motorB1   = 9;
6           const int motorB2   = 10;
7
8           //Ultrassonic Connnection
9           const int trigg1 = 7;
10          const int trigg2 = 8;
11          const int echo1 = 12;
12          const int echo2 = 11;
13
14          //Bluetooth State pin on pin 2 of Arduino
15          const int BTState = 2;
16
17          //Useful Variables
18          int state;
19          int vSpeed = 200;
20          int estado;
21
22          //Auto config
23          int distanciaObstaculo = 50;
24          long duracao;
25          long distancia_cm = 0;
26          int minimumRange = 5;
27          int maximumRange = 200;
28
29          void setup() {
30          Serial.begin(9600);
31          pinMode(trigg1, OUTPUT);
32          pinMode(echo1, INPUT);
33          pinMode(trigg2, OUTPUT);
34          pinMode(echo2, INPUT);
35          pinMode(motorA1, OUTPUT);
36          pinMode(motorA2, OUTPUT);
37          pinMode(motorB1, OUTPUT);
```

```
38          pinMode(motorB2, OUTPUT);
39          pinMode(BTState, INPUT);
40          estado = 'v';
41          delay(30);
42
43          }
44
45          void loop() {
46          if (Serial.available()) {
47          state = Serial.read();
48          if (state == 'V' || state == 86) {
49          estado = 'V';
50          analogWrite(motorA1, 0);  analogWrite(motorA2,
                0);
51          analogWrite(motorB1, 0);  analogWrite(motorB2,
                0);
52          }
53          else if (state == 'v' || state == 'D' || state
                == 118) {
54          estado = 'v';
55          }
56          }
57          switch (estado) {
58          case 'V':
59          manual();
60          break;
61
62          case 'v':
63          pensar();
64          break;
65          }
66          delayMicroseconds(500);
67          }
68
69          void manual() {
70          //Save income data to variable 'state'
71          if (Serial.available() || Serial.available()
                == 'S') {
72          state = Serial.read();
73          Serial.println(state);
74          }
75
76          //Change speed if state is equal from 0 to 4.
                Values must be from 0 to 255 (PWM)
77          if (state == '0') {
```

```
78          vSpeed = 0;
79          }
80          else if (state == '1') {
81          vSpeed = 100;
82          }
83          else if (state == '2') {
84          vSpeed = 180;
85          }
86          else if (state == '3') {
87          vSpeed = 200;
88          }
89          else if (state == '4') {
90          vSpeed = 255;
91          }
92
93          /***********************Forward
                ****************************/
94          //If state is equal with letter 'B', robot
                will go backward!
95          if (state == 'B') {
96          analogWrite(motorA1, 255); analogWrite(motorB1
                , 255);
97          analogWrite(motorA2, 0);       analogWrite(
                motorB2, 0);
98          }
99
100         /***********************Backward
                ****************************/
101         //If state is equal with letter 'F', robot
                will go forward
102         else if (state == 'F') {
103         analogWrite(motorA1, 0);    analogWrite(motorB1
                , 0);
104         analogWrite(motorA2, 255);    analogWrite(
                motorB2, 200);
105         }
106
107         /***************************Left
                ****************************/
108         //If state is equal with letter 'L', robot
                will turn left
109         else if (state == 'L') {
110         analogWrite(motorA1, 0);    analogWrite(motorB1
                , 200);
```

```
111         analogWrite(motorA2, 255); analogWrite(motorB2
                , 0);
112         }
113         /*****************************Right
                ****************************/
114         //If state is equal with letter 'R', robot
                will turn right
115         else if (state == 'R') {
116         analogWrite(motorA1, 255);   analogWrite(
                motorB1, 0);
117         analogWrite(motorA2, 0);   analogWrite(motorB2
                , 200);
118         }
119
120         /************************Stop
                ****************************/
121         //If state is equal with letter 'S', stop the
                robot
122         else if (state == 'S') {
123         analogWrite(motorA1, 0);  analogWrite(motorA2,
                 0);
124         analogWrite(motorB1, 0);  analogWrite(motorB2,
                 0);
125         }
126
127
128         }
129
130         //
                ========================================================
                autonomo
                ========================================================
131
132         void pensar() {
133         int distanciaD = lerSonarD();
134         int distanciaL = lerSonarL();
135         if (distanciaD > distanciaObstaculo &&
                distanciaL > distanciaObstaculo) {
136         rotacao_Frente();
137
138         }
139         else if (distanciaD > distanciaObstaculo &&
                distanciaL < distanciaObstaculo)  {
140         rotacao_Direita();
```

```
141
142         }
143         else if (distanciaD < distanciaObstaculo &&
                distanciaL > distanciaObstaculo)  {
144         rotacao_Esquerda();
145
146         }
147
148         else if (distanciaD < distanciaObstaculo &&
                distanciaL < distanciaObstaculo)  {
149         rotacao_Re();
150         }
151         }
152
153
154         int lerSonarD() {
155         digitalWrite(trigg1, LOW);
156         delayMicroseconds(2);
157         digitalWrite(trigg1, HIGH);
158         delayMicroseconds(10);
159         digitalWrite(trigg1, LOW);
160         duracao = pulseIn(echo1, HIGH);
161         distancia_cm = duracao / 56;
162         delay(30);
163         return distancia_cm;
164         }
165
166         int lerSonarL() {
167         digitalWrite(trigg2, LOW);
168         delayMicroseconds(2);
169         digitalWrite(trigg2, HIGH);
170         delayMicroseconds(10);
171         digitalWrite(trigg2, LOW);
172         duracao = pulseIn(echo2, HIGH);
173         distancia_cm = duracao / 56;
174         delay(30);
175         return distancia_cm;
176         }
177
178         void rotacao_Frente() {
179         analogWrite(motorA1, 0);
180         analogWrite(motorA2, 189);
181         analogWrite(motorB1, 0);
182         analogWrite(motorB2, 135);
183         delay(10);
```

```
184         }
185
186         void rotacao_Esquerda() {
187         analogWrite(motorA1, 0);
188         analogWrite(motorA2, 177);
189         analogWrite(motorB1, 177);
190         analogWrite(motorB2, 0);
191         delay(10);
192         }
193
194         void rotacao_Direita() {
195         analogWrite(motorA1, 177);
196         analogWrite(motorA2, 0);
197         analogWrite(motorB1, 0);
198         analogWrite(motorB2, 135);
199         delay(10);
200         }
201
202         void rotacao_Tras() {
203         analogWrite(motorA2, 0);
204         analogWrite(motorA1, 235);
205         analogWrite(motorB2, 0);
206         analogWrite(motorB1, 235);
207
208         }
209
210         void rotacao_Re() {
211         analogWrite(motorA1, 0);
212         analogWrite(motorA2, 0);
213         analogWrite(motorB1, 0);
214         analogWrite(motorB2, 0);
215         delay(100);
216         analogWrite(motorA1, 177);
217         analogWrite(motorA2, 0);
218         analogWrite(motorB1, 177);
219         analogWrite(motorB2, 0);
220         delay(800);
221         analogWrite(motorA1, 177);
222         analogWrite(motorA2, 0);
223         analogWrite(motorB1, 0);
224         analogWrite(motorB2, 135);
225         delay(600);
226         }
```

APÊNDICE B – Código Fonte do Sistema de Interface Web

Este apêndice apresenta o código fonte do sistema web desenvolvido na linguagem de programação PHP e a linguagem de marcação HTML. O sistema é responsável pela inserção de informações no banco de dados, informações que serão utilizadas para o funcionamento das mensagens faladas do robô.

B.1 CÓDIGO FONTE

```
1           <?php
2           $strAcao = $_POST['acao'];
3           require_once 'lib/include.php';
4
5           switch ($strAcao) {
6           case 'login':
7           $booRetorno = true;
8           $objSql = new sql();
9           $arrLogin = $objSql->executaQuery("SELECT
10          id
11          FROM usuario
12          WHERE login = '" . $_POST['login'] . "'
13          AND senha = '" . md5($_POST['senha']) . "'");
14          if ($arrLogin != '') {
15          $_SESSION['idUsuario'] = $arrLogin[0]['id'];
16          }
17
18          echo json_encode(array('sucesso' =>
                $booRetorno));
19          exit;
20          break;
21
22          case 'cadastrar-tarefa':
23          $objSql = new sql();
24
25          $booRetorno = $objSql->executaInsert(array(
26          'nome' => $_POST['nome'],
27          'mensagem' => $_POST['mensagem'],
28          'data' => $_POST['data'],
29          'hora' => $_POST['hora'],
30          'usuario' => $_SESSION['idUsuario'],
31          'frequencia' => $_POST['frequencia']
32          ), 'tarefa', 1);
33
```

```
34          echo json_encode(array('sucesso' =>
                $booRetorno));
35          exit;
36          break;
37
38          case 'remover-tarefa':
39          $objSql = new sql();
40          $booRetorno = $objSql->executaDelete($_POST['
                id'], 'tarefa', 'id');
41          echo json_encode(array('sucesso' =>
                $booRetorno));
42          exit;
43          break;
44          }
```

```
1           <?php
2
3           include 'lib/include.php';
4           $strUrl = geralink();
5           $arrTags['url'] = geralink();
6
7           $strAcao = filter_input(INPUT_GET, 'acao');
8           if (!isset($_SESSION['idUsuario']) || (isset(
                $_SESSION['idUsuario']) && $_SESSION['
                idUsuario'] == '')) {
9           $strAcao = 'login';
10          }
11
12          switch ($strAcao) {
13          case 'login':
14          $objTemplate = new templateParser('html/login.
                html');
15          $objTemplate->parseTemplate($arrTags);
16          echo $objTemplate->display();
17          exit;
18          break;
19
20          case 'cadastrar-tarefa':
21          $objTemplate = new templateParser('html/
                cadastrar-tarefa.html');
22          $objTemplate->parseTemplate($arrTags);
23          echo $objTemplate->display();
24          exit;
25          break;
26
```

```
27          case 'gerenciar-tarefa':
28          $objTemplate = new templateParser('html/
                gerenciar-tarefa.html');
29          $objSsql = new sql();
30
31          $arrTarefaCadastrada = $objSsql->executaQuery(
                "SELECT
32          id,
33          nome,
34          CONCAT(DATE_FORMAT(data, '%d/%m/%Y'), '-',
                DATE_FORMAT(data, '%H:%i')) AS 'data',
35          frequencia
36          FROM tarefa
37          ORDER BY data DESC, hora DESC");
38          $strCorpoTabela = '';
39          $arrDicTipo = array('U' => 'ÚNICO', 'D' => '
                DIÁRIO', 'S' => 'SEMANAL');
40
41          if ($arrTarefaCadastrada != '') {
42          foreach ($arrTarefaCadastrada as
                $arrItemTarefa) {
43          $strCorpoTabela .=
44          '<tr>
45          <td>' . $arrItemTarefa['nome'] . '</td>
46          <td>' . $arrItemTarefa['data'] . '</td>
47          <td>' . $arrDicTipo[$arrItemTarefa['frequencia
                ']] . '</td>
48          <td><button type="button" class="btn btn-
                danger btn-block btnRemover" data-id="' .
                $arrItemTarefa['id'] . '">EXCLUIR</button
                ></td>
49          </tr>';
50          }
51          } else {
52          $strCorpoTabela = '<tr><td colspan="4" class="
                text-center">SEM REGISTROS</td></tr>';
53          }
54
55          $arrTags['corpoTabela'] = $strCorpoTabela;
56          $objTemplate->parseTemplate($arrTags);
57          echo $objTemplate->display();
58          exit;
59          break;
60
61          default:
```

```
62          $objTemplate = new templateParser('html/login.
                html');
63          $objTemplate->parseTemplate($arrTags);
64          echo $objTemplate->display();
65          exit;
66          break;
67          }
68          ?>
```

APÊNDICE C – Descrição do Hardware Desenvolvido

Este apêndice apresenta a descrição do hardware desenvolvido no protótipo do robô, bem como a lista de componentes presentes na placa desenvolvida e suas especificações.

C.1 COMPONENTES

Segue abaixo a lista de componentes presentes na placa desenvolvida:

1 Microcontrolador Atmega 328P;

2 Interface para gravação FTDI;

3 Botão de Reset;

4 Botão ligar;

5 Cristal oscilador de 16 MHz para geração da frequência de trabalho;

6 Borne para entrada da alimentação da placa;

7 Ponte H para controle dos motores DC;

8 Interface para ligação do shield bluetooth ;

9 Entrada da bateria.

O microcontrolador recebe informações dos sensores ultrassônicos, gera o sinal PWM e envia para a ponte H que converte o sinal PWM em potência para o motor, delimitando a velocidade com base no sistema.

C.2 DESCRIÇÃO DA PLACA DE CONTROLE

O layout da PCB foi gerada através do software Fritzing, esse software gera uma imagem para ser impressa, a qual foi impressa no papel glossy e aplicado na placa de fenolite, posteriormente recortada e feito corrosão do cobre utilizando o componente químico Percloreto de ferro, consecutivamente a isso a placa foi perfurada e todos os componentes foram soldados.

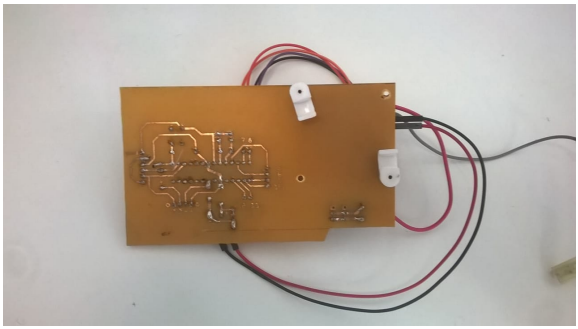

Figura 85 – PCB parte inferior
Fonte:Elaborada pelo autor

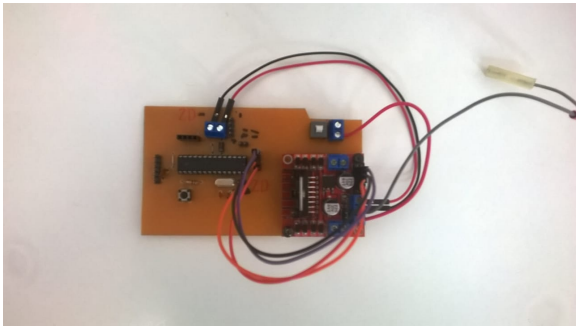

Figura 86 – PCB parte superior
Fonte:Elaborada pelo autor