



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
TECNOLOGIA EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS

SYWRAH GABRIELLA NORBERTO DA CUNHA

**SMART CHAIR: UM CARRO ARDUINO COMO PROTÓTIPO DE UMA CADEIRA
DE RODAS INTELIGENTE**

TERESINA, PIAUÍ

2019

SYWRAH GABRIELLA NORBERTO DA CUNHA

SMART CHAIR: UM CARRO ARDUINO COMO PROTÓTIPO DE UMA CADEIRA DE
RODAS INTELIGENTE

Projeto apresentado à Banca Examinadora como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí.

Orientador: Prof. M^c. Fernando Castelo Branco Gonçalves Santana

Co-orientador: Prof. Dr. Thiago Alves Elias da Silva

TERESINA, PIAUÍ

2019

SYWRAH GABRIELLA NORBERTO DA CUNHA

SMART CHAIR: UM CARRO ARDUINO COMO PROTÓTIPO DE UMA CADEIRA DE
RODAS INTELIGENTE

Projeto apresentado à Banca Examinadora como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí.

Aprovado pela banca examinadora em _____.

BANCA EXAMINADORA:

**Prof. M^º. Fernando Castelo
Branco Gonçalves Santana**
Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI

**Prof. Dr. Thiago Alves Elias da
Silva**
Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI

**Prof. Dr. Ricardo Martins
Ramos**
Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI

**Prof. Dr. Franciéric Alves de
Araújo**
Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI

TERESINA, PIAUÍ

2019

Dedico este trabalho a todos que me ajudaram de alguma forma, obrigado!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me permitido concluir mais essa etapa da minha vida. Pela força necessária para que fosse possível chegar aqui. Por me trazer paz e tranquilidade mesmo quando tudo estava indo mal.

Agradeço à minha família, que me acompanhou nessa trajetória dando total apoio. Em especial à minha mãe por ser o exemplo de mulher bem resolvida, paciente e patrocinadora oficial das minhas empreitadas. Principalmente pela paciência e por ser compreensiva com a minha rotina corrida, ao meu irmão por todo o carinho e os inúmeros abraços nos dias em que cheguei exausta da rotina e que só sossegou após arrancar um sorriso meu. Ao meu pai pelos exemplos de persistência e força. Eu amo vocês!

Agradeço minhas amigas Andreza Danielly, Daylla e Catarina, que apesar da distância sempre estão por perto. À Catarina, nômade, por ter me ensinado com exemplos o que é resiliência, à Daylla por ter sido apoio e amor quando eu precisei, à Andreza por ter acreditado em mim desde o início. Vocês são incríveis.

Aos meus amigos de graduação que, apesar dos dissabores, foram companheiros de desespero. Em especial meus amigos Edson Borges e Kairo Costa, por serem grandes apoiadores e incentivadores. Ao Edson por ler inúmeras vezes esse trabalho e dá feedback, ao Kairo pelas discussões construtivas. Vocês são maravilhosos.

Agradeço aos meus companheiros de LIMS, Mateus, Daniel e Leôncio por me ajudarem a solucionar os problemas que encontrei nesse caminho. Ao Mateus por provar que é possível "abraçar o mundo com as pernas" e é mestre em fazer o melhor com aquilo que tem, ao Daniel pela humildade e serenidade ao me ajudar, ao Leôncio pela determinação e o jeito descontraído mesmo quando estávamos correndo contra o tempo. Vocês me ajudaram a escolher a melhor rota. Literalmente.

Agradeço à uma das minhas melhores companhias, Fabiano de Santana. Por todo amor, apoio, paciência e por sempre tentar me mostrar que dá pra simplificar a vida. Agradeço pelas vezes que me abraçou e não deixou que eu desistisse no momento em que as coisas pareciam ser difíceis demais. Eu amo você.

Agradeço à todos os professores pelo conhecimento repassado, não somente de conteúdo mas de vida e de suas experiências. Em especial meus orientadores Fernando Santana pelos debates e ensinamentos, ao Thiago Elias, um professor pelo qual tenho grande admiração e tive a honra de tê-lo como co-orientador. Agradeço à vocês pela confiança.

Agradeço ao Instituto Federal do Piauí, pela infraestrutura que tornou possível o desenvolvimento deste trabalho e também por ter sido minha segunda casa durante esses anos.

Sou grata por não ter enfrentado essa jornada sozinha. À todos vocês o meu muito obrigada, essa vitória é nossa!

"E o que importa não é o que você tem na vida, mas quem você tem na vida. (William Shakespeare - O Menestrel)"

RESUMO

Segundo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em seu último censo (2010), cerca de 38% da população brasileira possui pelo menos um tipo de deficiência motora, sendo que, em pessoas acima de 64, os números ultrapassam 50%. Esse aumento proporcional da prevalência de deficiência em relação à idade advém das limitações do próprio fenômeno do envelhecimento, onde há uma perda gradual da acuidade visual e auditiva e da capacidade motora do indivíduo. Além do envelhecimento, são vários os outros motivos que podemos encontrar na base da deficiência motora, como os acidentes de trânsito, doenças degenerativas, violência e etc. Tendo em vista as limitações dos aparatos tradicionais, como a cadeira de rodas, novas tecnologias surgem com intuito de proporcionar maior autonomia aos indivíduos portadores de deficiência, visando a melhora de sua qualidade de vida e integração com a sociedade. Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo apresentar um protótipo de cadeira de rodas inteligente capaz de transitar em um ambiente indoor, utilizando coordenadas preestabelecidas. O protótipo possui como base um carro Arduino programado para seguir rotas de acordo com as coordenadas selecionadas. Para os testes deste protótipo, foi utilizado uma demarcação no piso de um laboratório de pesquisa, simulando a delimitação de um ambiente e o carro Arduino simulando a cadeira de rodas. **Palavras-chaves:** Arduino, cadeira de rodas inteligente, qualidade de vida, mobilidade reduzida.

ABSTRACT

According to the Brazilian Institute of Geography and Statistics, in its last census (2010), about 38 % of Brazil's population has at least one type of motor disability, with numbers above 50 % in people over 64. This proportional increase in the prevalence of disability in relation to age comes from the limitations of the aging phenomenon itself, where there is a gradual loss of visual and auditory acuity and the motor capacity of the individual. Besides aging, there are several other reasons that can be found on the basis of motor deficiency, such as traffic accidents, degenerative diseases, violence and so on. In view of the limitations of traditional devices such as wheelchairs, new technologies are designed to provide greater autonomy to individuals with disabilities, aiming at improving their quality of life and integration with society. In view of the above, this work aims to present a prototype intelligent wheelchair able to transit in an indoor environment, using preestablished coordinates. The prototype is based on an Arduino car programmed to follow routes according to the selected coordinates. For the tests of this prototype, a demarcation was used on the floor of a research laboratory, simulating the delimitation of an environment and the Arduino car simulating the wheelchair. **Key-words:** Arduino, intelligent wheelchair, quality of life, reduced mobility.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1 – Diagrama de Arquitetura da SmartChair	20
Ilustração 2 – Tela de cadastro de coordenadas	21
Ilustração 3 – Tela de cadastro de ambiente	22
Ilustração 4 – Tela de cadastro de ambiente	22
Ilustração 5 – Tela de controle do protótipo.	23
Ilustração 6 – Definição de rotas.	24
Ilustração 7 – Arduino Uno.	25
Ilustração 8 – Motor DC.	25
Ilustração 9 – Motor Shield.	26
Ilustração 10 – Chassi 4WD Robô.	26
Ilustração 11 – O protótipo	27
Ilustração 12 – Cenário de testes	28
Ilustração 13 – Carro antes da execução dos comandos	29
Ilustração 14 – Carrinho depois da execução dos comandos	29
Ilustração 15 – Carrinho antes da execução dos comandos	30
Ilustração 16 – Carrinho depois da execução dos comandos	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
AEAT	Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Contextualização	11
1.2	Justificativa	11
1.3	Objetivos	12
1.3.1	Objetivo Geral	12
1.3.2	Objetivos Específicos	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	Deficiência Motora	14
2.2	Usuários de cadeira de rodas	15
2.3	Plano Cartesiano e Movimentação de Objetos	15
3	TRABALHOS RELACIONADOS	17
3.1	CADEIRA DE RODAS INTELIGENTE: o uso de técnicas de programação, automação e eletrônica para maior autonomia e qualidade de vida aos cidadãos de mobilidade reduzida	17
3.2	Planejador de Caminho Baseado em Matrizes para Robôs Móveis	18
3.3	Aplicação de Tecnologias Assistivas e Técnicas de Controle em Cadeiras de Rodas Inteligente	18
4	SMARTCHAIR	20
4.1	Arquitetura da Aplicação	20
4.1.1	Módulo Administração Web	21
4.1.1.1	Módulo Aplicação Web	22
4.1.2	Módulo Arduino	24
5	PROTÓTIPO E TESTE DE SOFTWARE	27
5.1	Cenário	27
5.2	Testes	28
5.2.1	Teste de Funcionamento do Protótipo	28
5.2.2	Teste de Segmento de Rotas	30
5.3	Considerações finais	31
6	CONCLUSÃO	32
6.1	Trabalhos Futuros	32
6.2	Registro de Software	32
	REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

No decorrer deste capítulo é apresentada uma contextualização a respeito da deficiência motora. A seguir é justificado a relevância de se desenvolver uma cadeira de rodas autônoma capaz de facilitar a locomoção de pessoas paraplégicas no seu domicílio.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

De acordo com os dados verificados no último censo, em 2010, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), mais da metade da população acima de 64 anos possui pelo menos um tipo de deficiência: auditiva, motora, visual ou intelectual. Ainda segundo o Censo, tem-se que 38,3% da população brasileira possui algum tipo de deficiência motora, os jovens e adultos entre 15 e 64 anos com 5,7% e as crianças e adolescentes com 1% [IBGE, 2010].

O aumento da porcentagem de pessoas com deficiência motora, proporcional à idade, é evidente pois o próprio envelhecimento traz consigo o desgaste do corpo humano. Há uma perda gradual das funções motoras e da acuidade visual e auditiva do indivíduo. É possível especular que essas estatísticas podem crescer ainda mais, visto que a expectativa de vida do brasileiro tem aumentado e a pirâmide dos gráficos de fecundidade e mortalidade está mudando. Há o aumento da população idosa e a diminuição de fecundidade, logo com o passar do tempo a sociedade tende a envelhecer [IBGE, 2010].

Isso pode custar a independência de pessoas que estavam habituadas a realizarem suas atividades diárias sozinha. É necessário uma adaptação e um reaprendizado para tarefas consideradas simples, como tomar banho e se locomover pela própria casa. Muitas vezes essa necessidade de aprender novamente tarefas simples do cotidiano e, principalmente a dependência, parcial ou total, de alguém pode causar um impacto negativo no emocional e na autoestima do indivíduo.

1.2 JUSTIFICATIVA

Em 1960, para cada 1000 crianças menores de 15 anos, havia 64 indivíduos de 65 anos ou mais de idade. Cinquenta anos após o Censo Demográfico de 1960, em 2010, esse índice saltou para 307 pessoas acima de 65 anos em cada grupo de 1000 crianças menores de 15 anos [IBGE, 2010].

É possível afirmar que a nossa população ficará mais velha, isso por conta do declínio da fecundidade, aumento da longevidade, informações mais acessíveis a respeito de métodos contraceptivos, prolongamento do período de estudos na juventude, o crescente número de mulheres no mercado de trabalho e até mesmo instabilidades conjugais [BRAGA, 2010].

Nos últimos anos, a taxa de pessoas idosas tem aumentado significativamente e é possível notar que o envelhecimento social é cada vez maior. O simples processo natural de envelheci-

mento causa alterações físicas, neurológicas e psicossociais que acabam por limitar os aspectos motores dos indivíduos idosos [BRAGA, 2010].

A dificuldade na locomoção traz uma redução, e até mesmo a perda da independência do indivíduo. Aumentar essa independência locomotora no seu ambiente doméstico, através de uma cadeira de rodas inteligente, traria uma comodidade maior ao deficiente. O processo de deslocamento dentro de casa torna-se mais simples e a rotina domiciliar mais confortável, visto que é possível realizar tarefas do cotidiano de forma menos dependente dentro de casa.

Existem sistemas de locomoção elétricos para ajudar pessoas com deficiência motora, esses são indicados à pessoas com pouca coordenação ou força insuficiente para manusear cadeira de rodas convencionais, porém os preços não são acessíveis e isso dificulta a aquisição dos mesmos [MOREIRA; TREVIZANO, 2016].

Com a força e o espaço que a tecnologia vem ganhando no mercado, houve uma inserção da mesma na vida das pessoas de forma sutil, passando a funcionar não mais como um simples acessório mas como algo inerente ao ser humano. Assim como a agenda do smartphone se tornou uma extensão da memória de quem o usa, uma cadeira de rodas autônoma é uma extensão do corpo, no caso os membros inferiores, de quem precisa.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Essa proposta de trabalho tem como objetivo geral desenvolver o protótipo de uma cadeira de rodas autônoma utilizando um carro Arduino, capaz de transitar pelos cômodos de uma residência tornando mais fácil, confortável e cômodo o processo de locomoção de pessoas com paraplegia, dentro de seu ambiente doméstico.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Mapear um ambiente controlado através de pontos de coordenada;
- Traçar as possíveis rotas que a cadeira (carro Arduino) poderá seguir;
- Mover o protótipo de forma autônoma pelas rotas que o sistema tem conhecimento.

RESUMO

O presente capítulo expõe a contextualização da problemática tratada neste trabalho, também foi apresentado a motivação de tal assunto, que é a possibilidade de construir um protótipo de cadeira de rodas autônoma para ajudar e tornar mais confortável e cômodo a vida de paraplégicos no seu ambiente doméstico. Ao final, foram detalhados os objetivos gerais e específicos do trabalho.

Os próximos capítulos estão organizados da seguinte forma:

- **Fundamentação Teórica:** Neste capítulo serão apresentados todos os conceitos teóricos utilizados no desenvolvimento da solução proposta no presente trabalho;
- **Trabalhos Relacionados:** Capítulo que mostrará trabalhos cujo conteúdo se relacione à deficiência motora ou à ferramentas utilizadas no desenvolvimento do trabalho;
- **Smart Chair:** Capítulo dedicado a apresentação do protótipo que foi proposto, detalhando funcionalidades, utilização e demais detalhes da implementação;
- **Testes:** É o capítulo em que é descrito detalhadamente os cenários montado para teste e os resultados obtidos nesses testes;
- **Conclusão:** Neste capítulo será feita a conclusão do trabalho dado seus objetivos propostos e são listados os trabalhos futuros para melhorar e/ou expandir a utilização da solução.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para entender melhor o propósito desse trabalho, é importante compreender alguns conceitos relacionados à deficiência motora, seus tipos e suas possíveis causas, e o público alvo desse trabalho: os usuários de cadeira de rodas.

2.1 DEFICIÊNCIA MOTORA

Aprovada em 1975 pela Assembleia Geral das Nações Unidas, a Declaração dos Direitos das Pessoas Deficientes afirma no § 1^a que o termo "pessoa deficiente" refere-se a qualquer pessoa incapaz de assegurar por si mesma, total ou parcialmente, as necessidades de uma vida individual ou social normal, em decorrência de uma deficiência, congênita ou não, em suas capacidades físicas ou mentais.

De modo geral, o termo deficiência pode ser definido como uma limitação na ação ou atividade humana, devido ao comprometimento físico ou mental. Uma pessoa portadora de limitações físicas ou mentais só é considerada deficiente se estas limitações restringirem substancialmente uma ou mais de suas principais atividades cotidianas ou seu relacionamento social com outras pessoas [BECKER, 2000].

No último Censo Demográfico, foi considerado como conceito de deficiência motora pessoas que tinham dificuldade permanente de caminhar ou subir escadas, classificando em: pessoas que não possuem nenhuma dificuldade, possui alguma dificuldade, grande dificuldade ou não consegue de modo algum, para aqueles que se declararam permanentemente incapaz de caminhar e/ou subir escadas sem ajuda de outra pessoa [IBGE, 2010]. Pode-se destacar quatro tipos de deficiência motora que caracterizam a perda total dos movimentos:

- **Monoplegia** - Perda total dos movimentos de um único membro, independente de ser inferior ou posterior;
- **Paraplegia** - Termo usado para a incapacitação das funções sensoriais e motoras dos membros inferiores;
- **Tetraplegia** - Geralmente provocada por lesões e também conhecida como quadriplegia pois afeta as quatro extremidades do corpo. Braços, pernas e tronco;
- **Hemiplegia** - É um tipo de paralisia que consiste na perda total das funções motoras de um hemisfério do corpo, lado direito ou esquerdo.

São vários os fatores que podem levar uma pessoa a ter algum tipo de deficiência motora, seria inviável elencar todas as possibilidades. Lesão medular (por traumas, infecções ou processos degenerativos), malformações congênitas ou patologias podem acarretar na perda dos movimentos de uma pessoa. Se tratando de doenças são muitas e de especialidades distintas, podendo ser neurológica, infectológica, dentre outras. sintetizando, é possível classificar as causas em:

- **Acidentes** - De acordo com os dados do Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho, entre o ano de 2015 e 2017, foram registrados um total de 622.379 acidentes de trabalho, sendo considerados acidentes típicos ou em trajeto e doenças do trabalho [Ministério da Fazenda et al., 2017];
- **Doenças** - Um dos fatores que podem ocasionar na perda dos movimentos são doenças congênitas ou condições análogas como a paralisia cerebral, esclerose múltipla, distrofia muscular e etc.;
- **Mutilações** - Segundo o Atlas da Violência, nos últimos dez anos foram totalizadas 553 mil pessoas vítimas de violência [IPEA, 2018].

2.2 USUÁRIOS DE CADEIRA DE RODAS

Existe mais de um tipo de usuário de cadeira de rodas, cada um com suas limitações e particularidades. Ocasionalmente a dependência de cadeira de rodas, os traumatismos (cerebrais ou da coluna vertebral), a amputação de membros inferiores e doenças incapacitantes (que acarretam em atrofias e distrofias do sistema nervoso e muscular).

Podemos dividir essas pessoas que utilizam a cadeira de rodas para minorar a deficiência em sua mobilidade em dois tipos:

1. **Usuários Momentâneos** - Neste grupo estão aqueles que necessitam de cadeira de rodas por um período de tempo determinado, mesmo que longo;
2. **Usuários Não Momentâneos** - Este grupo é composto por pessoas que, como o título já sugere, possuem deficiência locomotora não momentânea. Este segundo grupo, subdivide-se em: pessoas cuja mobilidade sem assistência é limitada (idosos, portadores de hemiplegia e atrofia muscular branda, etc.) e, cuja mobilidade sem assistência é impraticável (paraplégicos e tetraplégicos) por isso, chamadas de "dependentes de cadeiras de rodas" [BECKER, 2000].

2.3 PLANO CARTESIANO E MOVIMENTAÇÃO DE OBJETOS

Um plano cartesiano consiste em dois eixos ortogonais (90° entre si), onde o eixo horizontal é chamado de eixo das abscissas ou eixo (x), e o eixo vertical é chamado eixo das ordenadas ou eixo (y). No eixo (x), tomamos como valores positivos para a direita da interseção dos eixos (chamada origem) e negativos para a esquerda da origem. No eixo (y), tomamos como valores positivos para cima da origem e negativos para baixo da origem [GOOGLESITES, 2016].

Um ponto no plano cartesiano é dado pelo par ordenado (x,y) , onde sempre o primeiro número se refere ao eixo x e o segundo ao eixo y . Então se quisermos representar um ponto no plano será da forma (x,y) , exemplo: $(1,1)$; $(2,1)$; $(-3,0)$ [GOOGLESITES, 2016].

RESUMO

Nesse capítulo foi apresentada a fundamentação teórica utilizada para idealização da solução em protótipo, que em resumo é uma ferramenta que tem como propósito auxiliar a locomoção de pessoas paraplégicas, dando autonomia a mesma em seu ambiente domiciliar.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Este capítulo apresenta trabalhos cujo conteúdo se relaciona à proposta de veículos autônomos, capazes de realizarem o deslocamento de pessoas com deficiência motora em ambientes *indoor*.

3.1 CADEIRA DE RODAS INTELIGENTE: O USO DE TÉCNICAS DE PROGRAMAÇÃO, AUTOMAÇÃO E ELETRÔNICA PARA MAIOR AUTONOMIA E QUALIDADE DE VIDA AOS CIDADÃOS DE MOBILIDADE REDUZIDA

É possível perceber uma necessidade progressiva do desenvolvimento de produtos com a finalidade de auxiliar pessoas portadoras de deficiências de forma que melhore a integração na sociedade e a sua qualidade de vida [MOREIRA; TREVIZANO, 2016].

Através de elementos e técnicas de computação, automação e eletrônica, o seguinte trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de mecanismo (software, hardware) que possibilite a detecção de objetos por uma cadeira de rodas motorizada evitando colisões com os mesmos. A possibilidade de controlar, de forma semiautomática, uma cadeira de rodas de maneira que os obstáculos pelo caminho pudessem ser detectados e informados ao usuário, e até mesmo interromper a movimentação da cadeira antes que o obstáculo seja atingido foi o que motivou este trabalho.

Foi desenvolvido um software cujo propósito era gerenciar o funcionamento de uma cadeira de rodas motorizada, de acordo com informações fornecidas por sensores instalados na cadeira, monitorando o percurso feito por ela, detectando os obstáculos presentes, alertando o usuário sobre a presença dos mesmos através de sinais luminosos e sonoros. Este trabalho buscou unir a utilização de sistemas embarcados em dispositivos eletrônicos encontrados no dia a dia uma crescente necessidade de se desenvolver produtos que auxiliem pessoas com algum tipo de deficiência física, proporcionando maior conforto, segurança e facilitar a integração à sociedade, promovendo uma melhora significativa na qualidade de vida dessas pessoas [MOREIRA; TREVIZANO, 2016].

O protótipo de cadeira de rodas desenvolvido por MOREIRA; TREVIZANO tem como foco a detecção de obstáculos e alertar o usuário da existência dos mesmos garantindo que a cadeira não venha a colidir, mas não garante a autonomia da cadeira. A SmartChair permite que, dentro do ambiente já programado, o usuário precise apenas informar para onde deseja ir e o sistema irá definir a rota e as configurações para que a cadeira faça o percurso de forma autônoma.

3.2 PLANEJADOR DE CAMINHO BASEADO EM MATRIZES PARA ROBÔS MÓVEIS

Com a presença de robôs se intensificando cada vez mais, seja em áreas residenciais ou fabris, e para que este seja capaz de locomover-se de forma autônoma é necessário implementar técnicas de navegação baseadas em cada necessidade. Este trabalho visa a implementação de um algoritmo gerador de caminho que tivesse uma baixa complexidade computacional, mas eficaz e de fácil entendimento [JUNIOR; DORIA, 201-?].

Foi desenvolvido um algoritmo dividido em módulos responsável por processar imagem, detectar obstáculos e também pelo mapeamento. A cerca do processamento de imagem e o mapeamento, o algoritmo recebe uma imagem com 400x400 pixels como entrada, a fim de representar um mapa. A segunda entrada consiste em dois pares ordenados contendo as coordenadas iniciais e finais, representando respectivamente o início do trajeto e o ponto de destino [JUNIOR; DORIA, 201-?].

Porém, algumas situações específicas apresentaram dificuldades para o algoritmo proposto, quinas de obstáculos e algumas disposições de paredes foram as principais situações problemáticas. O algoritmo não obteve 100% de sucesso para os ambientes, mas conseguiu obter uma taxa de acerto acima de 60% [JUNIOR; DORIA, 201-?].

3.3 APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS ASSISTIVAS E TÉCNICAS DE CONTROLE EM CADEIRAS DE RODAS INTELIGENTE

O trabalho apresenta estudos a respeito da aplicação de tecnologias assistivas e técnicas de controle em cadeiras de rodas. O estudo tem como finalidade posicionar o problema e desenvolver estudos sobre técnicas assistivas para o projeto de uma cadeira de rodas inteligente [BECKER, 2000].

De início é feita uma introdução a respeito da situação dos portadores de deficiência, focalizando no caso de usuários de cadeira de rodas. Depois é exposto os aspectos ergonômicos que é importante ser levado em conta no projeto de um veículo para deficientes físicos, também é feita uma análise biomecânica do processo de acionamento de cadeiras de rodas manuais [BECKER, 2000].

Por fim, foi desenvolvido um programa em MatLab a fim de simular o processo de acionamento em pistas planas e rampas, além disso foram desenvolvidas e testadas técnicas de mapeamento, navegação e desvio de obstáculo, inclusive detecção e monitoramento dos obstáculos [BECKER, 2000].

O presente trabalho utiliza MatLab em seu desenvolvimento, que é uma ferramenta paga independente do uso doméstico, estudantil ou empresarial. Isso pode elevar o custo do projeto, visto que o preço da ferramenta varia a depender do uso [MATLAB, 2018]. A proposta

de desenvolvimento da SmartChair utiliza tecnologias *open source* como Python, framework Django e a plataforma Arduino visando tornar o projeto mais acessível financeiramente.

RESUMO

Neste capítulo foram apresentados diversos trabalhos relacionados à cadeira de rodas inteligentes. O primeiro, que é o protótipo de uma cadeira de rodas inteligente que identifica obstáculos e alerta o usuário sobre os mesmos. Apesar das metodologias adotadas serem diferentes, o trabalho "Planejador de Caminho Baseado em Matrizes para Robôs Móveis" e "Aplicação de Tecnologias Assistivas e Técnicas de Controle em Cadeiras de Rodas Inteligente" auxiliam este trabalho com seus vários conceitos. O foco dos trabalhos é semelhante, porém com vertentes diferente para atingir o objetivo.

4 SMARTCHAIR

Apesar de muitos indivíduos com deficiência conseguirem satisfazer suas necessidades com as tradicionais cadeiras de rodas manuais ou motorizadas, existem alguns casos que ainda encontram dificuldade de usar de forma independente este tipo de cadeira de rodas. Normalmente estes indivíduos apresentam dificuldade em locomover-se de forma independente e necessitam de auxílio de outro indivíduo para movimentar a cadeira de rodas manual [BRAGA, 2010].

Diante da dificuldade do usuário de cadeira de rodas manter sua independência, viu-se a oportunidade de desenvolver o protótipo de uma cadeira de rodas autônoma para um ambiente *indoor*. O intuito é trazer praticidade para a locomoção de pessoas com deficiência motora, que utilizem cadeira de rodas e tenham o movimento de pelo menos um dos membros superiores.

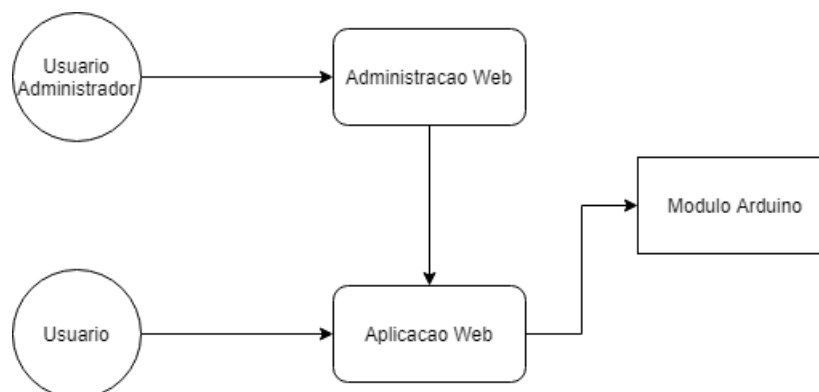
SmartChair é o protótipo de uma cadeira de rodas inteligente, capaz de seguir trajetórias preestabelecidas. Para o desenvolvimento da mesma foram utilizadas as tecnologias Python, framework Django e a plataforma Arduino. Também foi utilizado um chassi e um conjunto de motores servos independentes que permitem o deslocamento do carro, simulando uma cadeira de rodas.

Esse protótipo tem como finalidade traçar e percorrer as rotas dentro de um ambiente pré-estabelecido e controlado, previamente mapeado dentro do sistema. Todas as possíveis coordenadas são cadastradas e disponibilizadas na aplicação. O usuário define para onde quer ir, o sistema define as configurações e o carro Arduino segue a rota escolhida até o destino especificado.

4.1 ARQUITETURA DA APLICAÇÃO

O diagrama da ilustração 1 mostra os componentes do sistema e a interação entre os mesmos. Também é mostrado como o sistema está organizado. As circunferências indicam as pessoas que interagem com o sistema. Os retângulos indicam os módulos do sistema.

Ilustração 1 – Diagrama de Arquitetura da SmartChair



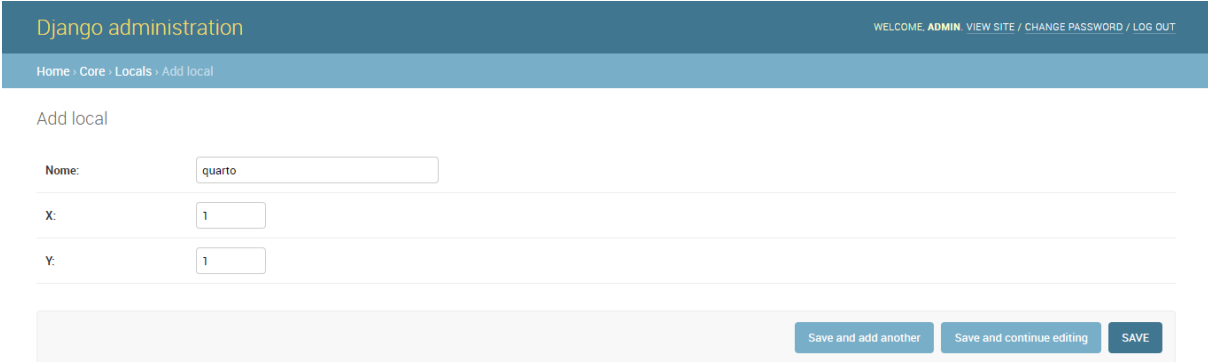
FONTE: Elaborado pelo autor

1. **Módulo Administração Web** - este módulo é responsável pela parametrização da aplicação, a fim de facilitar o processo de configuração do ambiente. É nele que o usuário registra as dimensões do ambiente e cadastra os pontos de coordenadas que se tornarão rotas. As coordenadas são nomeadas como um local (sala, quarto e etc) e disponibilizadas no módulo de aplicação;
2. **Módulo Aplicação Web** - este módulo é responsável por interagir com o usuário, é encarregado de exibir para o usuário os locais do ambiente que foram cadastrados. O usuário seleciona destino desejado e a aplicação processa e define a rota, em seguida envia os comandos necessários para o módulo Arduino;
3. **Módulo Arduino** - é gerenciado pelo módulo de aplicação web, recebendo comandos com o objetivo de guiar o carro Arduino determinando a direção em que deve ir e por quanto tempo deve seguir para chegar ao destino desejado. Esses comandos são recebidos via comunicação serial.

4.1.1 Módulo Administração Web

É um sistema desenvolvido em Python, utilizando o framework Django. Este módulo tem a finalidade de cadastrar os locais, dimensões e demais pontos relevantes do ambiente em forma de coordenadas, pois como mencionado anteriormente o ambiente é colocado em um eixo de coordenadas. A intenção é tornar intuitivo o processo de configuração do sistema. Na ilustrações 2 é exibida a tela de cadastro de coordenadas, onde o usuário administrador cadastra a coordenada x e y e a nomeia da forma que julgar mais adequada.

Ilustração 2 – Tela de cadastro de coordenadas



The screenshot shows the Django administration interface. At the top, there's a header with 'Django administration' on the left and 'WELCOME, ADMIN. VIEW SITE / CHANGE PASSWORD / LOG OUT' on the right. Below the header, a breadcrumb trail reads 'Home > Core > Locals > Add local'. The main content area is titled 'Add local'. It contains three input fields: 'Nome:' with the value 'quarto', 'X:' with the value '1', and 'Y:' with the value '1'. At the bottom right, there are three buttons: 'Save and add another', 'Save and continue editing', and 'SAVE'.

FONTE: Elaborado pelo autor

Para o carro Arduino saber o seu ponto de origem e o ponto de destino, as rotas são cadastradas neste módulo. É definido como origem uma coordenada já cadastrada e como destino uma outra coordenada, também cadastrada previamente. Na ilustrações 3 exemplifica o cadastro de uma rota.

Ilustração 3 – Tela de cadastro de ambiente

The screenshot shows the Django administration interface. At the top, there's a dark blue header with 'Django administration' on the left and 'WELCOME, ADMIN. VIEW SITE / CHANGE PASSWORD / LOG OUT' on the right. Below the header is a light blue breadcrumb trail: 'Home > Core > Ambientes > Add ambiente'. The main content area is titled 'Add ambiente'. It contains two input fields: 'Comprimento:' with a value of '0' and 'Largura:' with a value of '0'. At the bottom right, there are three buttons: 'Save and add another', 'Save and continue editing', and 'SAVE'.

FONTE: Elaborado pelo autor

A ilustração 4 demonstra a tela de configuração do ambiente, onde as dimensões (comprimento e largura) do ambiente são cadastradas, para que o módulo Aplicação Web realize os cálculos de coordenada sem ultrapassar os limites do ambiente.

Ilustração 4 – Tela de cadastro de ambiente

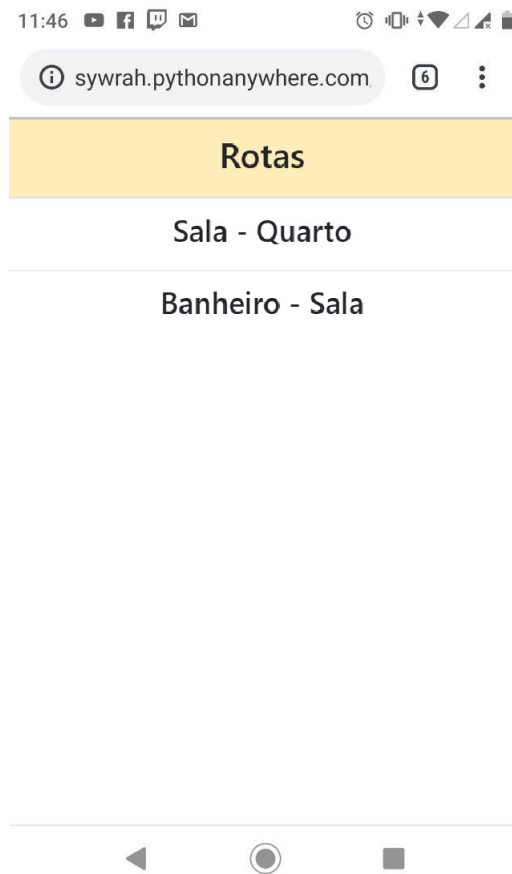
This screenshot is identical to the one in Ilustração 3, showing the Django administration interface for adding a new environment. It includes the same header, breadcrumb trail, form fields for 'Comprimento' and 'Largura' (both set to 0), and the same three buttons at the bottom right.

FONTE: Elaborado pelo autor

4.1.1.1 Módulo Aplicação Web

O módulo de Aplicação Web tem como principais objetivos a interação com o usuário e o planejamento das rotas que o carro Arduino irá seguir. Essa interação se dá através de uma página web responsiva. A aplicação torna-se democrática por ser compatível com diferentes tamanhos de telas e sistemas operacionais móveis, como Android e IOS. Na ilustração 5 é exibido a captura de tela da página de interação com o usuário, onde existem as opções de locais para o usuário escolher e selecionar a mesma.

Ilustração 5 – Tela de controle do protótipo.

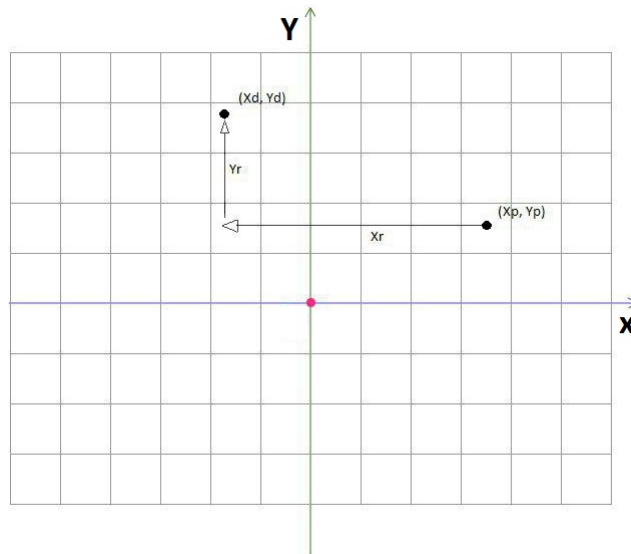


FONTE: Elaborado pelo autor

Como mencionado anteriormente, as dimensões e os pontos de coordenada são definidos no módulo de administração web. O planejamento das rotas é feito considerando que o ambiente é um plano cartesiano e o carro Arduino se locomove apenas em direções não diagonais com a velocidade sempre constante.

Para calcular a rota que o carro Arduino irá seguir é necessário identificar algumas variáveis, como o espaço a ser percorrido e o tempo que o carro necessita se deslocar em determinada direção. O espaço a ser percorrido é calculado tomando (x_p, y_p) como ponto de partida e (x_d, y_d) o ponto de destino, o carro desloca x_r e logo em seguida y_r , onde $x_r = (x_d) - x_p$ e $y_r = (y_d) - y_p$, como demonstrado na ilustração 6.

Ilustração 6 – Definição de rotas.



FONTE: Elaborado pelo autor

A fórmula da velocidade média $v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ é utilizada para determinar o tempo que o carro deve manter-se em movimento, o cálculo é feito apoiando-se nas medidas de espaço como x_r e y_r . Após os cálculos de espaço e tempo, são enviados comandos de locomoção para o módulo Arduino.

Foram convencionados os comandos que o carro autônomo deveria seguir, pois é passado uma sequência de direções do módulo aplicação web para o módulo Arduino que interpreta como comandos. Essas convenções são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 – Comandos de direcionamento do carro Arduino

Referência	Movimento	Comando
Norte	Frente	f
Sul	Trás	b
Leste	Direita	r
Oeste	Esquerda	l

FONTE: Elaborador pelo autor

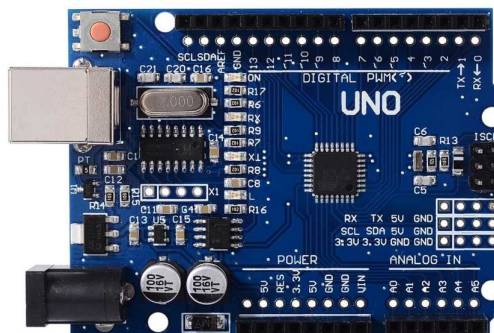
4.1.2 Módulo Arduino

O protótipo deste módulo consiste em um carro Arduino, que simula uma cadeira de rodas. Fazem parte da montagem desse carro uma plataforma Arduino Uno, em virtude da presença de uma ótima quantidade de portas disponíveis e grande compatibilidade com os Shields Arduino, quatro motores DC independentes, ideal para construção de robôs e projetos

com Arduino. Conjuntamente faz parte do carro um Motor Shield. Todos esses componentes foram acoplados em um Chassi 4WD e foram adicionados quatro pneus.

1. **Arduino Uno** - é uma placa robusta e bastante utilizada para começar com eletrônica e codificação, com a qual você pode começar a praticar. Arduino UNO é a placa mais utilizada e documentada de toda a família Arduino [ARDUINO, 2018].

Ilustração 7 – Arduino Uno.



FONTE: [ROBOTISTAN, 2019]

2. **Motores DC** - são pequenos motores eletromagnéticos que utilizam uma fonte de corrente contínua com tensão de operação de 3 a 6V, que são utilizados para providenciar o toque necessário para o giro das rodas e consequentemente a movimentação do protótipo, que é o carro Arduino.

Ilustração 8 – Motor DC.



FONTE: [INDIA, 2019]

3. **Motor Shield** - é um controlador duplo desenvolvido para controlar cargas indutivas. Ele permite o controle de dois motores de corrente contínua com uma placa Arduino, controlando velocidade e a direção de cada um de modo independente.

Ilustração 9 – Motor Shield.



FONTE: [FILIPEFLOP, 2019]

4. **Chassi 4WD Robô** - 4 *wheel drive* ou tração nas quatro rodas. O chassi é feito de acrílico e possui espaço para quatro roda, ainda conta com 25x15cm de dimensões. A plataforma de acrílico do Chassi 4WD foi projetada para que seja possível a fixação de vários sensores, com ele é possível construir vários tipos de robôs, como por exemplo, o seguidor de linha.

Ilustração 10 – Chassi 4WD Robô.



FONTE: [FILIPEFLOP, 2019]

RESUMO

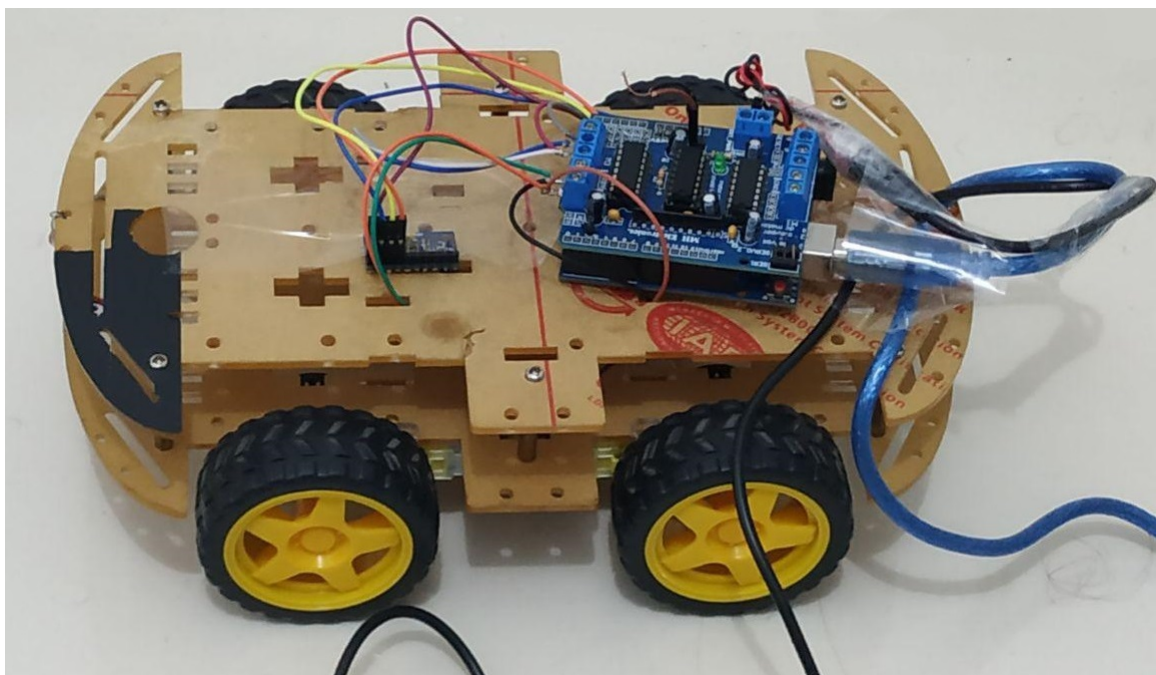
Neste capítulo, foi apresentado a SmartChair, o protótipo de uma cadeira de rodas que tem a finalidade de tornar autônomo o processo de locomoção de um usuário de cadeira de rodas, traçando a rota que a cadeira seguirá até o destino desejado. Também foi apresentado neste capítulo os artefatos utilizados para chegar a tal objetivo, justificando a escolha de cada um, detalhando o processo de desenvolvimento do protótipo.

5 PROTÓTIPO E TESTE DE SOFTWARE

No presente capítulo é retratada uma avaliação a respeito do desempenho da ferramenta SmartChair, em conjunto são apresentados descrição dos cenários utilizados nos testes.

O protótipo desenvolvido foi um carro Arduino, medindo 25x15cm, que comparado a uma cadeira de rodas motorizada comum é aproximadamente 1/4 da largura e 1/2 da profundidade da mesma. Na ilustração 11 é exibido o protótipo que foi montado no desenvolvimento do projeto.

Ilustração 11 – O protótipo



FONTE: Elaborado pelo autor

Foram realizados testes com o protótipo no LIMS - *Laboratory of Innovation on Multimedia Systems*, um laboratório de pesquisa do Instituto Federal do Piauí. O piso do local de teste foi delimitado em um retângulo, visto que o intuito do protótipo é percorrer de forma autônoma em um ambiente limitado e previamente configurado no sistema.

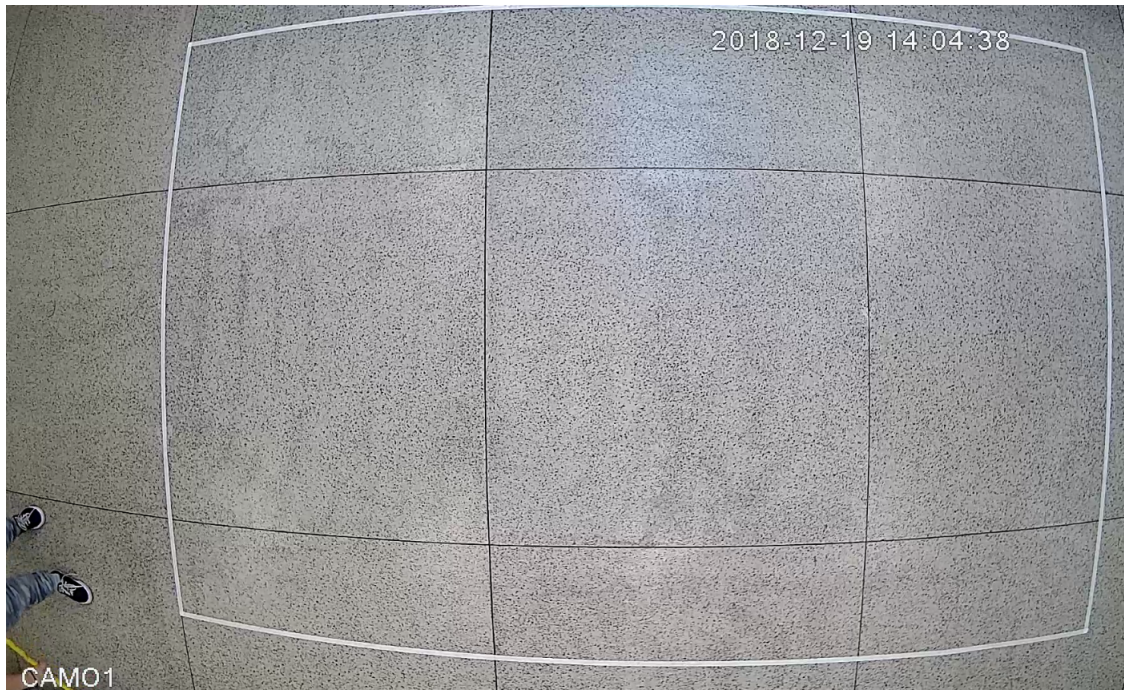
5.1 CENÁRIO

Como previamente mencionado, o ambiente escolhido para teste foi um laboratório de pesquisa, pois possui superfície plana e sem obstáculos, possibilita uma visão panorâmica através de uma câmera fixa no teto.

O cenário de testes respeitou a demarcação com fita, de um retângulo com dimensões 330x216cm, no piso do laboratório. A ilustração 12 demonstra como foi delimitado e marcado o

piso da sala.

Ilustração 12 – Cenário de testes



FONTE: Elaborado pelo autor

5.2 TESTES

Durante o desenvolvimento e aperfeiçoamento do projeto, se fez necessário a realização de testes, dentre eles um mais simples a fim de testar o funcionamento do carro e outro mais complexo, objetivando testar o seguimento das rotas criadas. Todos foram executados usando o mesmo protótipo, o carro Arduino e sob as mesmas condições de superfície.

Para cada comando especificado de deslocamento (para frente, para trás e etc), foi considerado o tempo de 3 segundos de duração, o que resultou em uma distância de aproximadamente 30cm ao fim do comando. Esse valor é aproximado visto que a aceleração do carro é menor na sua partida e se mantém no decorrer do deslocamento. Salvo os comandos de virar (esquerda e direita), pois a aceleração não se mantém a mesma.

5.2.1 Teste de Funcionamento do Protótipo

Inicialmente, foram realizados testes simples, onde o deslocamento era realizado exclusivamente no eixo y, no qual o protótipo recebia o comando para ir para frente x vezes. Este teste foi feito com o intuito de observar o comportamento do protótipo, mediante instruções básicas. A ilustração 13 mostra o protótipo antes de receber os comandos básicos de teste.

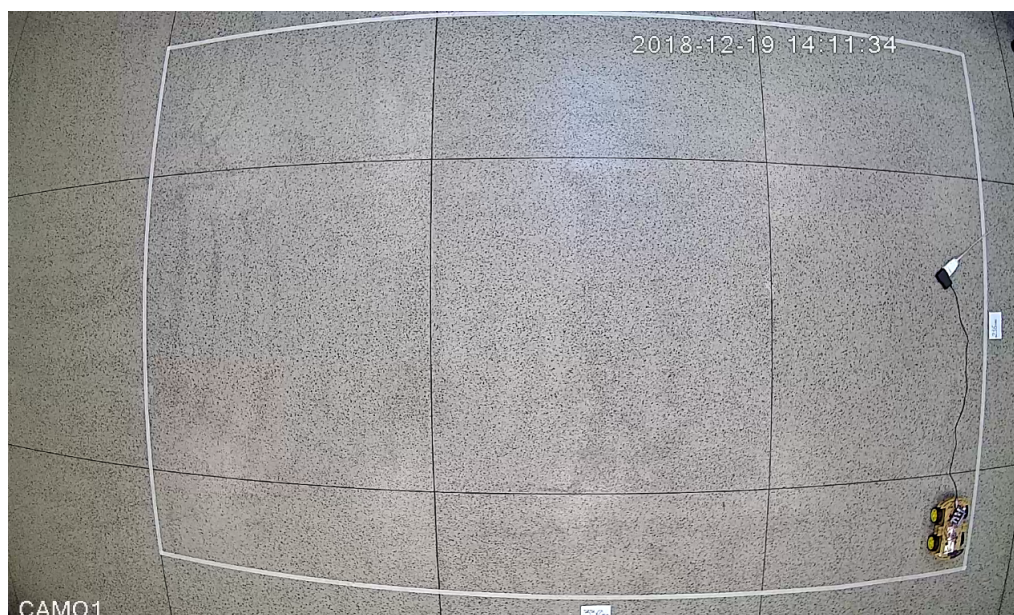
Ilustração 13 – Carro antes da execução dos comandos



FONTE: Elaborado pelo autor

Com a realização do teste foi observado que, como mencionado anteriormente, ao iniciar a aceleração o protótipo é menos veloz e que em seguida sua velocidade é estabilizada até o fim da operação. Foi constatado que é percorrida a distância de aproximadamente 30cm a cada comando de direção, tendo uma variação em torno 2cm para mais. Na ilustração 14 é possível ver o protótipo após receber os comandos e se deslocar 200cm, tendo recebido 5 comandos direcionais para frente.

Ilustração 14 – Carrinho depois da execução dos comandos



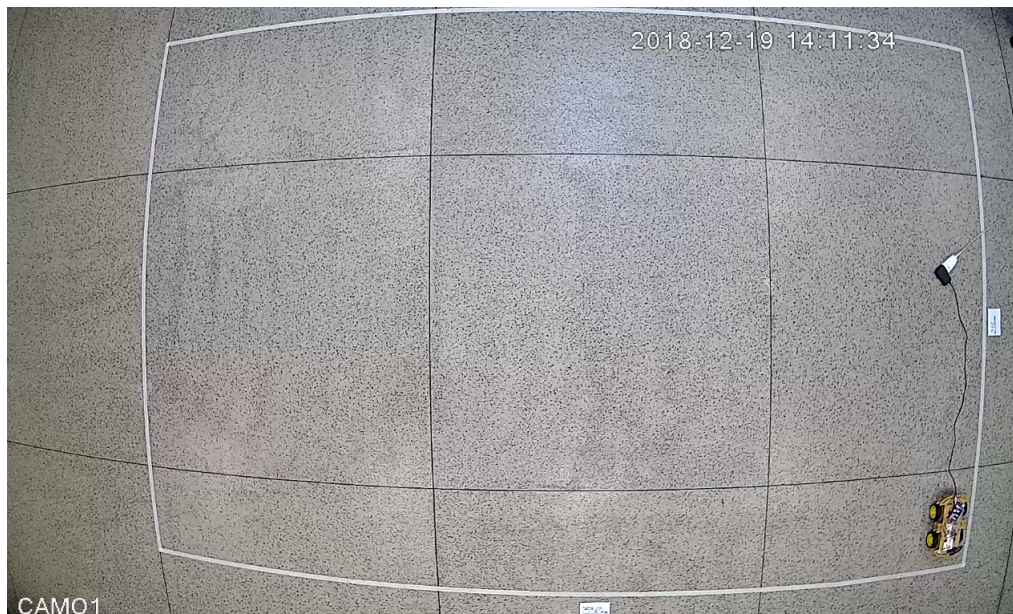
FONTE: Elaborado pelo autor

5.2.2 Teste de Segmento de Rotas

O teste em questão se deu na circunstância, onde o protótipo deveria realizar deslocamento em duas direções, inicialmente no eixo y e posteriormente o eixo x , a fim de realizar um teste de segmento de rota, no qual o sistema recebe os dados de local partida e chegada, e que o carro deveria seguir.

Foram cadastrados dois pontos de coordenada no módulo Administração Web e em seguida, no mesmo módulo, também foi cadastrado uma rota tendo como início e fim as coordenadas cadastradas previamente no sistema. A ilustração 15 representa um momento antes do protótipo de realizar a curva pra chegar no destino programado.

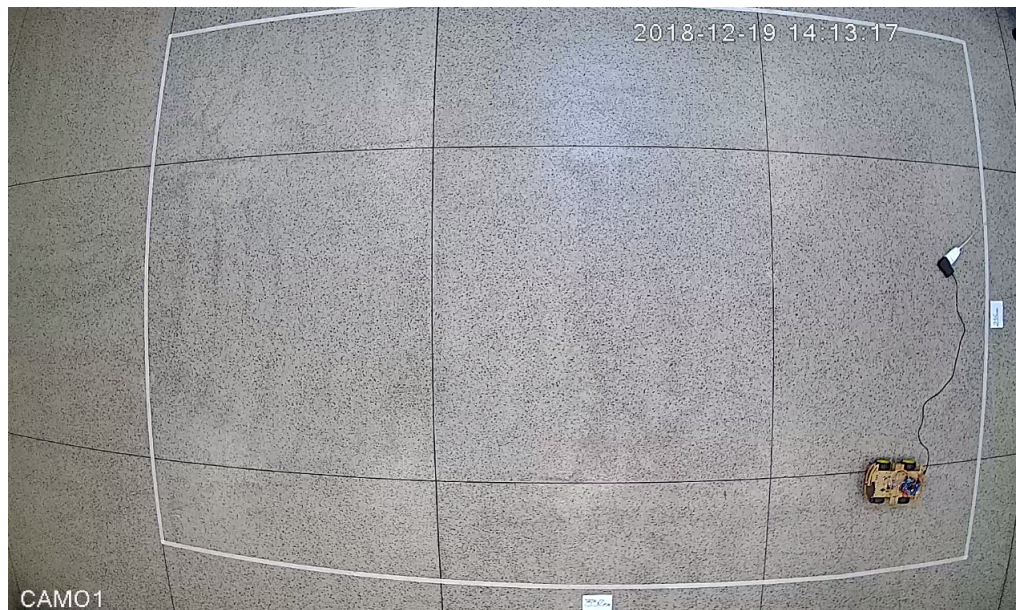
Ilustração 15 – Carrinho antes da execução dos comandos



FONTE: Elaborado pelo autor

Ao final deste teste, o protótipo chegou ao seu destino, mas não como previsto. Observou-se que houve uma pequena inclinação do carro Arduino causado por uma das rodas que apresentava o eixo empenado. Foram trocadas as quatro rodas do protótipo por quatro novas rodas iguais e repetiu-se o teste. O resultado apresentou uma significativa melhora na capacidade de realização de curvas por completo. Na ilustração 16 é exibido o protótipo após o teste segmento de rotas

Ilustração 16 – Carrinho depois da execução dos comandos



FONTE: Elaborado pelo autor

5.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao decorrer dos testes, notou-se que os mais simples ocorreram de forma mais tranquila, onde os comandos básicos foram facilmente executados, e retornaram resultados já esperado.

Em relação aos testes que exigiam mais execuções por parte do protótipo, encontrou-se contratemplos que não foram notados antes com testes simples. A impossibilidade de se realizar uma curva de 90°, por defeito físico no eixo de uma das rodas do carro Arduino, que posteriormente foi resolvido.

Em suma, os testes se mostraram satisfatório para o melhor desenvolvimento do projeto, haja vista que se mostrou, predominantemente, eficiente na execução das tarefas requisitadas e na identificação de possíveis problemas físicos.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou a SmartChair, um protótipo de cadeira de rodas inteligente que utilizou um carro Arduino para as simulações e testes necessários. O projeto propôs desenvolver um protótipo que seguisse rotas com base em coordenadas, ambas previamente cadastradas. Isso tendo em vista uma outra possibilidade para usuários de cadeira de rodas, paraplégicos.

No presente momento a ferramenta conta com o auxílio de um sistema web para configuração dos pontos relevantes dentro do ambiente, como as dimensões do próprio ambiente, definição dos locais e planejamento de rotas por meio das coordenadas cadastrada. Também compõe o sistema uma página web responsiva, para uma interação mais simples e direta com o usuário. Com isso o sistema é, atualmente, capaz de percorrer rotas pré-programadas com um toque na tela de um *smartphone*.

Em relação aos testes, o protótipo em questão, utilizou-se de ambiente controlado para melhor análise, levando em consideração uma superfície plana e com ausência de obstáculos, além de uma área delimitada, simulando os limites do ambiente. A partir dessas circunstâncias, foi realizado teste de funcionamento do protótipo, bem como os sistemas de conexão com o mesmo que foram desenvolvido. Ao fim dos testes, foi possível notar resultados satisfatórios para o aprimoramento do projeto.

Em geral, mesmo sendo apenas um protótipo, o trabalho traz mais possibilidades de inclusão para pessoas portadoras de deficiência motora (que possuem paraplegia) em seu ambiente doméstico a partir de uma prévia configuração nesse ambiente.

6.1 TRABALHOS FUTUROS

Embora a SmartChair ter demonstrado bons resultados nos testes e consiga percorrer rotas previamente estabelecidas, espera-se que seja possível a evolução do sistema e protótipo apresentados neste trabalho, resultando em melhorias na estrutura física do protótipo e lógica do sistema.

Ademais, incrementos da parte de planejamento de rotas envolvendo outras tecnologias, como o processamento de imagem para o monitoramento do protótipo enquanto o mesmo se desloca, garantindo que não desvie da mesma, e também um aplicativo Android ou iOS para controlar o protótipo.

6.2 REGISTRO DE SOFTWARE

A plataforma SmartChair, em processo de registro de patente do software, até a presente data de publicação deste trabalho, em sua presente versão.

REFERÊNCIAS

- ARDUINO. *Arduino*. 2018. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/>>.
- BECKER, M. Aplicação de tecnologias assistivas e técnicas de controle em cadeira de rodas inteligente. Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, 2000.
- BRAGA, R. A. M. Plataforma de desenvolvimento de cadeiras de rodas inteligentes. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010.
- FILIFELOP. *FilipeFlop Produtos*. 2019. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com>>.
- GOOGLESITES. *Geometria Analítica*. 2016. CNet. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/skophysics/home/geometria-analitica>>. Acesso em: 02 jan. 2019.
- IBGE, I. B. de Geografia e E. *Censo Demográfico 2010 - Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência*. [S.l.]: Rio de Janeiro, 2010.
- INDIA, P. *Motor DC*. 2019. Disponível em: <<https://www.prayogindia.in/product/300-rpm-single-shaft-straight-plastic-gear-bo-motor-for-arduino-raspberry-pi-robotics/>>.
- IPEA, I. de P. E. A. *Atlas da Violência*. 2018. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/atlasviolencia/noticia/18/o-atlas-da-violencia>>.
- JUNIOR, R. L. M.; DORIA, N. S. F. *Planejador de caminho baseado em matrizes para robôs móveis*. Mostra Nacional de Robótica (MNR), 201–? Disponível em: <<http://sistemaolimpico.org/midias/uploads/c790844d0942eec185dd7007c63c2639.pdf>>.
- MATLAB. *MatLab*. 2018. Disponível em: <<https://la.mathworks.com/products/matlab.html>>.
- Ministério da Fazenda et al. Anuário estatístico de acidentes do trabalho. In: . [S.l.: s.n.], 2017.
- MOREIRA, A. de S.; TREVIZANO, W. A. Cadeira de rodas inteligente: o uso de técnicas de programação, automação e eletrônica para maior autonomia e qualidade de vida aos cidadãos de mobilidade reduzida. Caderno Científico Fagoc de Graduação e Pós-Graduação - Volume I, 2016.
- ROBOTISTAN. *Arduino*. 2019. Disponível em: <<https://www.robotistan.com/arduino-uno-r3-clone-with-usb-cable-usb-chip-ch340>>.