



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

DANIELA DE CASSIA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA AVALIAÇÃO DE
DESEMPENHO DE USUÁRIOS DE CADEIRA DE RODAS MOTORIZADA**

UBERLÂNDIA
DEZEMBRO/2020

DANIELA DE CASSIA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA AVALIAÇÃO DE
DESEMPENHO DE USUÁRIOS DE CADEIRA DE RODAS MOTORIZADA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Engenharia de Reabilitação e Tecnologias Assistivas.

Orientador: Prof. Edgard Afonso Lamounier Junior, PhD.

Co-Orientador: Prof. Dr. Eduardo Lázaro Martins Naves.

**UBERLÂNDIA
DEZEMBRO/2020**

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da
UFU com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

S586 2020	<p>Silva, Daniela de Cássia, 1996- DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE USUÁRIOS DE CADEIRA DE RODAS MOTORIZADA [recurso eletrônico] / Daniela de Cássia Silva. - 2020.</p> <p>Orientador: Edgard Afonso Lamounier Junior. Coorientador: Eduardo Lázaro Martins Naves. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Engenharia Biomédica. Modo de acesso: Internet. Disponível em: http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.761 Inclui bibliografia.</p> <p>1. Engenharia biomédica. I. Lamounier Junior, Edgard Afonso, 1964-, (Orient.). II. Naves, Eduardo Lázaro Martins, 1970-, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Engenharia Biomédica. IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 62:61</p>
--------------	---

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o ACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica
 Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 3N, Sala 115 - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902 Telefone: (34)
 3239-4761 - www.ppgeb.feelt.ufu.br - ppgeb@feelt.ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Engenharia Biomédica				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado, 067, PPGEB				
Data:	Onze de dezembro de dois mil e vinte	Hora de início:	14 horas	Hora de encerramento:	16:20
Matrícula do Discente:	11822EBI002				
Nome do Discente:	Daniela de Cássia Silva				
Título do Trabalho:	Desenvolvimento de um Sistema para Avaliação de Desempenho de Usuários de Cadeira de Rodas Motorizada				
Área de concentração:	Engenharia Biomédica				
Linha de pesquisa:	Engenharia de Reabilitação e Tecnologias Assistivas				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Sistema Multimodal para Treinamento a Distância em ambiente Virtual ou de Realidade aumentada Destinado aos Usuários de Cadeiras de Rodas Motorizadas				

Reuniu-se em web conferência pela plataforma MicrosoG Teams em conformidade com a PORTARIA Nº 36, DE 19 DE MARÇO DE 2020 da COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR - CAPES, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica, assim composta: Professores Doutores: Eduardo Lázaro Martins Naves - FEELT/UFU; Adriano Alves Pereira - FEELT/UFU; Daniel Stefany Duarte Caetano - Pitágoras; Edgard Afonso Lamounier Júnior - FEELT/UFU orientador da candidata.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, Dr. Edgard Afonso Lamounier Júnior, apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu à Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Adriano Alves Pereira, Professor(a) do Magistério Superior**, em 11/12/2020, às 16:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Edgard Afonso Lamounier Junior, Professor(a) do Magistério Superior**, em 11/12/2020, às 16:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Eduardo Lazaro Martins Naves, Professor(a) do Magistério Superior**, em 11/12/2020, às 16:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **DANIEL STEFANY DUARTE CAETANO, Usuário Externo**, em 11/12/2020, às 16:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2447863** e o código CRC **11F65532**.

DANIELA DE CÁSSIA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA AVALIAÇÃO DE
DESEMPENHO DE USUÁRIOS DE CADEIRA DE RODAS MOTORIZADA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Banca Examinadora:

Prof. Edgard Afonso Lamounier Junior, PhD – Orientador (UFU)

Prof. Dr. Eduardo Lázaro Martins Naves – Co-Orientador (UFU)

Prof. Dr. Adriano Alves Pereira (UFU)

Prof. Dr. Daniel Stefany Duarte Caetano (EXTERNO)

**UBERLÂNDIA
DEZEMBRO/2020**

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à Deus, pela vida, por me capacitar diariamente para todos os desafios da vida e por me permitir sentir sua presença em todos os caminhos.

Aos meus pais, Maria e Ivair, por me ensinar a ser quem eu sou e por serem inspiração, em todos os âmbitos da vida. Sem vocês, eu nada seria e o amor de vocês é o que eu tenho de mais precioso.

À minha irmã Larissa, minha avó Valzita e toda minha família por sempre estarem ao meu lado.

Ao meu namorado Arthur, que está comigo do início ao fim desta jornada. Durante esses dois anos, existiram momentos extremamente desafiadores, mas você nunca deixou de acreditar e me mostrar, todos os dias, o quanto eu sou mais forte que os obstáculos. Obrigada por ser tão dedicado à nossa amizade e relacionamento.

À família que ganhei no Núcleo de Tecnologia Assistiva (NTA-UFU) e NIATS-UFU. Vocês têm um grande espaço na minha vida, memória e coração, por tudo que me ensinaram e por tanta partilha.

Em especial aos amigos do laboratório: Andressa, Angela, Camille, Isabela, Marcela, Maria Luiza e Thiago, que acompanharam meu crescimento diário, me auxiliaram durante todos os momentos de crise, tiraram de mim verdadeiras risadas em muitos momentos de alegria e nunca me deixaram desamparada. Vocês são referência em muitos quesitos para mim e vocês são excepcionais. Não há palavras para agradecer por tudo que fizeram por mim.

À Aline, Bruna, Isabela, Isabelle, Maria Luiza e Nathalya, que estão ao meu lado desde a graduação e que sempre me mostraram o quanto eu sou capaz. Sorte a minha de ter pessoas tão singulares sempre comigo.

Ao Igor, Laura, Mariana e Verônica, que dividem conquistas e derrotas comigo a muitos anos e são exemplos de superação e vitória.

A todos os meus amigos, por todo o apoio, por todo o aprendizado e por sempre estarem comigo, compreendendo minha ausência e renúncia, não me desamparando.

A Associação Atlética Acadêmica da Engenharia (AAAE) e Charanga por serem locais de refúgio e confraternização, permitindo que pessoas se conheçam de uma forma única e vivam momentos que jamais serão esquecidos. Os momentos vividos e as amizades conquistadas são o que eu ganhei de mais precioso em todos os anos que possuo de UFU.

Aos meus orientadores, Professor Edgard Lamounier e Professor Eduardo, por compartilhar seus ideais, me orientar, guiar, ensinar e auxiliar, em minha vida acadêmica e pessoal.

A todos os funcionários da Faculdade de Engenharia Elétrica, em especial ao Edson, um profissional singular que está sempre disponível para auxiliar e orientar.

Aos professores da pós-graduação pelos ensinamentos.

Aos membros da banca por aceitarem contribuir com esse trabalho.

As Instituições CAPES, Fapemig e CNPq pelo apoio financeiro à minha pesquisa.

EPÍGRAFE

“Não confunda derrotas com fracasso e vitórias com sucesso. Na vida de um campeão sempre haverá algumas derrotas, assim como na vida de um perdedor sempre haverá vitórias. A diferença é que, enquanto os campeões crescem nas derrotas, os perdedores se acomodam nas vitórias.”

Roberto Shinyashiki

RESUMO

A deficiência física acomete um número gigantesco em todo o mundo e pode trazer diversas limitações. A Tecnologia Assistiva (TA) trata-se de recursos e ferramentas desenvolvida para estas pessoas, com intuito de recuperar as funções perdidas e prejudicadas. A cadeira de rodas motorizada (CRM) é uma TA muito conhecida e utilizada, devido ao pouco gasto de energia e por atender pessoas com tipos e graus de deficiência motora diferentes, porém o ato de conduzi-la não é tão simples quanto parece. Nos dias atuais, investiga-se sobre o treinamento em CRM, que tem como objetivo diminuir as dificuldades de condução e diversas outras barreiras enfrentadas por cadeirantes, visando promover confiança, independência e maior qualidade de vida. Os profissionais de saúde responsáveis por este treinamento fazem uso de diferentes ferramentas de apoio. Entretanto, ainda não existem medidas quantitativas de avaliação dos cadeirantes, durante o treinamento, em modo real e tempo real. Desta forma, há um grande interesse em buscar métodos que facilitem a avaliação do desempenho e aprendizado do usuário de CRM, que não seja baseado apenas na observação e opinião do profissional responsável. Atualmente, existem formas de avaliação destes usuários de CRM em ambientes virtuais e em ambientes reais, com apenas uma métrica, sendo comando ou tempo gasto para realizar um percurso. Desta forma, o objetivo deste estudo é projetar um sistema portátil capaz de registrar três métricas de desempenho do usuário durante o seu treinamento de condução de uma CRM, que são: número de comandos, tempo e número de colisões. O equipamento transmite para um software, via Bluetooth, onde é possível acompanhar em tempo real o desempenho do usuário. O equipamento apresentou resultados eficientes nos testes realizados e a metodologia utilizada para comunicação e apresentação dos dados foi satisfatória, sendo possível acompanhar a evolução do usuário de CRM durante o treinamento e salvar os dados relacionados a sessão, para verificação e comparação do desempenho em várias sessões, demonstrando ser um instrumento viável para testes na prática clínica.

Palavras chave: Deficiência; Cadeira de Rodas Motorizada; Treinamento; Avaliação Quantitativa.

ABSTRACT

Physical disability affects a gigantic number worldwide and can bring several limitations. Assistive Technology (TA) is a resource and tool developed for these people, to recover lost and impaired functions. The powered wheelchair (PW) is a very well-known and used AT, due to the low energy expenditure and to assist people with different types and degrees of motor disabilities. However, the act of driving it is not as simple as it seems. Nowadays, research on CRM training is investigated, which aims to reduce driving difficulties and several other barriers faced by wheelchair users, aiming to promote confidence, independence, and a better life quality. The health professionals responsible for this training make use of different support tools. However, there are still no quantitative measures for assessing wheelchair users, during training, in real and real-time. Thus, there is a great interest in seeking methods that facilitate the assessment of the performance and learning of the PW user, which is not based only on the observation and opinion of the responsible professional. Currently, there are ways to evaluate these PW users in virtual and real environments, with only one metric, being command or elapsed time to complete a route. Thus, the objective of this study is to design a portable system capable of recording three user performance metrics during their training in driving a PW, which are: number of commands, time, and number of collisions. An equipment developed transmit all these data using Bluetooth protocol to the software responsible to monitor the user's performance in real-time. The equipment showed efficient results in the performed tests and the methodology used for communication and presentation of the data was satisfactory. Thus, it is possible to follow the evolution of the CRM user during the training and save the data related to the session. After, it is possible to verify and compare the users performance in several sessions, demonstrating to be a viable instrument for tests in clinical practice.

Keywords: Disability; Motorized Wheelchair; Training; Quantitative Evaluation.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	15
INTRODUÇÃO	15
1.1 Contextualização	15
1.2 Motivação	16
1.3 Justificativa	17
1.4 Objetivo Geral	19
1.5 Objetivos Específicos	19
1.6 Estrutura da Dissertação	19
CAPÍTULO 2	21
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1 Introdução	21
2.2 Pessoa com Deficiência (PcD)	21
2.3 Deficiência Física	25
2.4 Tecnologia Assistiva	26
2.5 Cadeira de Rodas	31
2.5.1 Histórico	31
2.5.2 Pesquisas sobre Cadeira de Rodas	38
2.6 Treinamento para Usuários de Cadeira de Rodas Motorizadas	40
2.7 Considerações Finais	42
CAPÍTULO 3	43
TRABALHOS RELACIONADOS	43
3.1 Introdução	43
3.2 Metodologia	43
3.1 Estudos sobre o treinamento de habilidades em CRM real	45
3.2 Estudos sobre o uso de realidade virtual para treinamento de habilidades na CRM	47
3.3 Estudos com feedback de métricas	49
3.4 Análise dos Trabalhos Relacionados	50
3.5 Conclusão	53
CAPÍTULO 4	54
MATERIAIS E MÉTODOS	54
4.1 Introdução	54
4.2 Metodologia de desenvolvimento do dispositivo	54
4.2.1 Comitê de Ética em Pesquisa	55
4.2.2 Questionário	55
4.2.3 Projeto do Sistema	56

4.3 Registro de Software e Patente	74
4.4 Protocolo Experimental	74
4.4.1 Detalhamento da amostra	74
4.4.2 Protocolo de teste.....	75
4.4.3 Armazenamento dos dados	77
4.5 Análise Estatística.....	78
4.6 Conclusão	78
CAPÍTULO 5	79
RESULTADOS E DISCUSSÃO	79
5.1 Introdução.....	79
5.2 Resultados.....	79
5.2.1 Respostas do Questionário.....	79
5.2.2 Sistema concebido para avaliação do desempenho do usuário no treinamento com a CRM.....	86
5.3 Discussão	92
5.4 Limitações do estudo.....	98
5.5 Conclusão.....	98
CAPÍTULO 6	100
CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	100
6.1 Introdução.....	100
6.2 Conclusões.....	100
6.3 Trabalhos futuros.....	102
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104
APÊNDICES.....	116
APÊNDICE I.....	116
APÊNDICE II.....	118
ANEXOS	120
ANEXO I	120
ANEXO II	127
ANEXO III	131
ANEXO IV.....	133
ANEXO V.....	135

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Dispositivo de Mobilidade, na China, 525 d.C.....	31
Figura 2 - Adaptação do trono do Rei Phillip, da Espanha, em 1595.	32
Figura 3 - Stephen Farfler e sua cadeira de rodas com propulsão a mão.	32
Figura 4 - Cadeira de rodas desenvolvida por Dawson.....	33
Figura 5 - Cadeira do século XVIII com possibilidade de ajustes.	34
Figura 6 - Champiom '3000' - Cadeira de Rodas Suíça desenvolvida em 1986.	35
Figura 7 - Cadeira de rodas utilizada no basquete.	35
Figura 8 - Cadeira de rodas utilizada no futebol.	36
Figura 9 - Cadeira de rodas motorizada inventada por George Klein.....	37
Figura 10 - Cadeira de rodas motorizada conduzida por joystick.	37
Figura 11 - Cadeira de rodas motorizada com elevação automática.....	38
Figura 12 - Diagrama do método PRISMA utilizado para selecionar os trabalhos correlatos à esta pesquisa.	44
Figura 13 - Categorias dos trabalhos relacionados que foram utilizados na revisão da literatura.....	45
Figura 14 - Etapas de desenvolvimento do sistema proposto.	54
Figura 15 - Ilustração esquemática do sistema desenvolvido.	57
Figura 16 - Ilustração esquemática da primeira parte do sistema - Joystick.....	58
Figura 17 - Ilustração esquemática da segunda parte do sistema – Arduino Mega.....	58
Figura 18 - Ilustração esquemática da terceira parte do sistema – Controle Driver.....	59
Figura 19 - Ilustração esquemática da comunicação com a interface do sistema.	59
Figura 20 - Cadeira de Rodas Motorizada Freedom Lumina 13.....	60
Figura 21 - Joystick Freedom.....	61
Figura 22 - Esquema dos estados primários e secundários do Joystick Freedom.	61
Figura 23 - Esquema de ligação do Joystick com o Arduino Uno.....	62
Figura 24 - Ligação feita com voltímetro para medir as tensões nos pinos.	64
Figura 25 – Esquema elétrico da PCB no Protheus.	66
Figura 26- Placa de circuito impresso acoplada ao Arduino Mega.....	67
Figura 27 - Ligação entre Arduino, sensor ultrassônico e buzzer.....	68
Figura 28 - Sensor ultrassônico posicionado na parte traseira da CRM.....	69
Figura 29 - Ligação do módulo HC-05 com Arduino Mega.....	70
Figura 30 - Tela inicial do software.	71
Figura 31 - Tela de instruções do software.	72
Figura 32 - Tela de coleta de métricas do software.....	73
Figura 33 - Mensagem do sistema: a) Conexão realizada; b) Conexão desfeita.....	73
Figura 34 - Dados salvos em arquivo .txt.....	74
Figura 35 - Percurso adaptado pelos autores baseado no PMRT.....	76
Figura 36 - Percurso adaptado do PMRT real.....	76
Figura 37 - Tipos de deficiência dos participantes do questionário.	80
Figura 38 - Dificuldade de locomoção da CRM.....	81
Figura 39 - Atividades com dificuldade de realização.....	82
Figura 40 - Nuvem de palavras dos locais que gostariam de frequentar mais.	84
Figura 41 - Nuvem de palavras dos motivos por não frequentar os locais desejados.	85
Figura 42 - Dispositivo "Imbox" acoplado na CRM.....	87
Figura 43 - Joystick com micro controlador Arduino.....	87
Figura 44 - Posicionamento dos sensores do sistema anticollisão da CRM: (a) Sensor dianteiro; (b) Sensor traseiro.....	88

Figura 45 - Tela do software Imbox durante a coleta dos parâmetros de avaliação de condução da CRM.	89
Figura 46 - Número de colisões versus sessão do percurso.	91
Figura 47 - Tempo de execução (min:seg) versus sessão do percurso.	91
Figura 48 - Número de comandos realizados versus sessão do percurso.	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução das terminologias referentes às pessoas com deficiência.	23
Tabela 2 - Classificações da deficiência física.	25
Tabela 3 - Comissões Técnicas do Plano de Trabalho do Comitê de Ajudas Técnicas.	29
Tabela 4 - Categorias de Tecnologia Assistiva.	30
Tabela 5 - Comparativo dos sistemas de treinamento de CR dos trabalhos correlatos.	52
Tabela 6 - Condições de valores analógicos de x e y para os nove estados da CRM. 63	
Tabela 7 - Tensões para acionamento e controle da CRM Freedom.	64
Tabela 8 - Faixas etárias dos participantes.....	80
Tabela 9 - Tempo de uso da cadeira de rodas.....	81
Tabela 10 - Dificuldades dos usuários de CRM.	84
Tabela 11 - Resultados obtidos com o sistema.....	90
Tabela 12 - Comparação do trabalho proposto com os estudos relacionados existentes na literatura.....	97

ABREVIATÓES E SIGLAS

ADA - American with Disabilities Act.

AVD - Atividades da vida diária

CAA - Comunicação Aumentativa e Alternativa

CAAE - Certificado de Apresentação para Apreciação Ética

CAT - Comitê de Ajudas Técnicas

CIF - Classificação Internacional de Funcionalidade

CONADE - Conselho Nacional dos Direitos das Pessoas com Deficiência

CORDE - Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência

CR – Cadeira de Rodas

CRM – Cadeira de Rodas Motorizada

D1 - Diagonal Superior Direita

D2 - Diagonal Inferior Direita

D3 - Diagonal Inferior Esquerda

D4 - Diagonal Superior Esquerda

dB - decibéis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IHC - Interface Homem-Computador

INPI - Instituto Nacional de Propriedade Intelectual

MMSS - Membros Superiores

ONU – Organização das Nações Unidas

PCD – Pessoas com Deficiência

PRISMA - Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

PWM - Pulse Width Modulation

RA - Realidade Aumentada

RV - Realidade Virtual

SUS - Sistema Único de Saúde

TA – Tecnologia Assistiva

WSTP - Wheelchair Skills Training Program

WST-Q - Wheelchair Skills Test questionnaire

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Segundo os dados do relatório sobre deficiência e desenvolvimento publicado pelas Nações Unidas em 2018, existem mais de 1 bilhão de pessoas no mundo com algum tipo de deficiência (United_Nations, 2018). De acordo com o Estatuto da Pessoa com Deficiência, é considerada pessoa com deficiência aquela que possui algum impedimento (físico, mental, intelectual ou sensorial) de longo prazo (Brasil, 2015). E ainda, segundo os dados do último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil possui mais de 45 milhões de pessoas com algum tipo de deficiência. Dessa população, aproximadamente 9 milhões de pessoas possuem alguma deficiência motora (IBGE, 2010).

Neste cenário, a Tecnologia Assistiva (TA) pode auxiliar as pessoas com deficiência motora através do desenvolvimento de dispositivos para atender suas necessidades de locomoção. Os dispositivos assistivos são os aparatos mais utilizados para promover a mobilidade das pessoas com deficiência (Brummel-Smith; Dangiolo, 2019). Existe uma grande diversidade deles como, por exemplo, andadores e muletas, que podem ser utilizados quando o paciente ainda tem o controle dos membros inferiores. Entretanto, em casos mais severos, quando não há este controle, pode ser utilizada a cadeira de rodas (CR), a qual visa promover segurança, conforto e mobilidade ao usuário (Da Cruz *et al.*, 2015).

Assim, a CR é um dispositivo de TA que tem como objetivo auxiliar a pessoa com deficiência na tarefa de se locomover. A qual, por sua vez é um pré-requisito para execução de diversas outras atividades da vida diária (AVD). Desta forma, a TA provê acessibilidade, autonomia, reinserção na sociedade, autoestima e melhoria da qualidade de vida das pessoas com deficiência (Brummel-Smith; Dangiolo, 2019).

1.2 Motivação

De acordo com a Classificação Internacional de Funcionalidade (CIF), a CR é classificada como um produto para mobilidade pessoal (OMS, 2003). Existem diversos modelos de CR que são desenvolvidos baseando-se na necessidade do usuário. E, com o avanço da tecnologia, surgiu a cadeira de rodas motorizada (CRM) (Santos; Santana; Garçao, 2014).

A CRM é uma CR que incorpora baterias e motores elétricos é um dispositivo de TA indispensável no auxílio à mobilidade de pessoas com deficiências motoras graves, decorrentes de patologias como paralisia cerebral, esclerose múltipla, esclerose lateral amiotrófica, etc (Santos; Santana; Garçao, 2014).

A CRM possui diversos benefícios em relação à CR manual, pois permite que o usuário se locomova por percursos longos, com velocidade, sem gasto energético, além de auxiliar em rampas, desníveis e no percurso, com segurança. Desta forma, garante mais autonomia e possibilidade de ir e vir, sem um acompanhamento e dependência (Gil-Agudo *et al.*, 2013; Ossada *et al.*, 2015). Assim, a CRM contribui para a melhora da qualidade de vida dos usuários e facilita sua participação na sociedade (Shore, 2017).

Atualmente, há duas formas distintas de adquirir uma CRM: por meio de compra particular ou através do Sistema Único de Saúde (SUS). O Decreto 7.612, de 17 de novembro de 2011, estabeleceu o Plano Viver sem Limites, que incluiu uma série de dispositivos que podem ser oferecidos gratuitamente através do SUS (Brasil, 2011). Para adquirir a CRM de forma particular, o financiamento parte diretamente do usuário, e considera-se que este já possua um conhecimento prévio sobre o produto adquirido e as habilidades básicas para sua utilização. Entretanto, quando o usuário recebe a CRM via SUS, esta não é adaptada à sua necessidade, pois a CRM segue um padrão unificado e, comumente, não há precedentes de avaliação para condução e treinamento para garantir o correto uso e comando da cadeira de rodas (Galvão *et al.*, 2013; Lino, 2018; Valentini, 2019a).

Uma CRM pode ser controlada por joystick, de forma a facilitar a mobilidade da pessoa com deficiência (Dalsin *et al.*, 2019). Entretanto, conduzir uma CRM pode não ser uma tarefa simples, pois a capacidade de conduzi-la de

forma independente, requer habilidades motoras, visuais e cognitivas específicas. As CRMs podem ser perigosas ao usuário ou a outras pessoas quando controladas de forma não apropriada. Além disso, um grande número de potenciais usuários de CRMs experimentam dificuldades ou são incapazes de conduzi-las (Fehr *et al.*, 2000; Simpson *et al.*, 2008).

Neste contexto, para a utilização da CRM de maneira segura, é recomendado um treinamento com o usuário para avaliar sua capacidade de condução, logo após a prescrição médica da CRMs e antes da utilização no ambiente real (Tu *et al.*, 2017). De acordo com Lange e Grieb (2015), possibilitar o treinamento do usuário para aprender a conduzir a CRM, antes do fornecimento ou uso real da mesma nas atividades diárias, aumenta a probabilidade de resultados bem-sucedidos, otimizando as habilidades e a eficiência da mobilidade.

De acordo com Kirby *et al.* (1994) e Kilkens *et al.* (2005), os treinamentos para condução de CRM são utilizados para auxiliar a avaliação da progressão do desenvolvimento das habilidades do usuário em dirigir uma CRM e, também, reduz o risco de acidentes. Santa Cruz *et al.* (2018) ressaltam sobre a importância do desenvolvimento das habilidades nos usuários de CRM e da necessidade de ter métodos para avaliar e quantificar as habilidades dos usuários. Desta forma, fica evidente a importância de oferecer um treinamento prévio para os usuários de CRM, no intuito de auxiliar essas pessoas na superação de desafios pessoais, aumentar a habilidade para a condução da CRM e proporcionar segurança e independência.

1.3 Justificativa

Para realizar o treinamento de usuários de CRM, diversas pesquisas já apresentaram propostas de simuladores em ambientes reais e virtuais (Abellard, 2010; Arlati *et al.*, 2019; François Routhier *et al.*, 2016). Ademais, para avaliar o desempenho de um usuário durante as sessões realizadas e verificar se há uma melhora nas habilidades do usuário, é necessário definir métricas quantitativas. Em geral, utilizam as métricas "*tempo decorrido*", "*número de comandos*" e "*número de colisões*" para quantificar e verificar o desempenho do usuário na execução de uma determinada tarefa e, conseqüentemente, para avaliar sua habilidade de condução da CRM (Caetano *et al.*, 2020).

Em um ambiente virtual, a coleta e medição destas métricas é realizada de forma automatizada, ou seja, à medida que o voluntário completa as tarefas pedidas, o software contabiliza o número de comandos, colisões e o tempo, de forma rápida e em tempo real (John *et al.*, 2018; Hernandez-Ossa *et al.*, 2020). E em ambiente real, não temos esta medição com a mesma precisão e rapidez, pois a métrica "tempo" pode ser quantificada utilizando um cronômetro; a métrica "número de colisões" comumente são contabilizadas a partir de vídeos que são gravados durante a execução das atividades, ou da observação do profissional que está aplicando o treinamento; e o "número de comandos" é contabilizado utilizando micro controladores ou através da observação dos vídeos gravados (Borges, 2016; Caetano *et al.*, 2018). Portanto, em ambientes reais, o profissional da saúde responsável pelo treinamento avalia, visualmente, o desempenho do usuário durante a execução das atividades, o que pode ser passível de erros (Tu *et al.*, 2017).

Entretanto, nenhuma das propostas de treinamento de CRM em ambiente real (Wang *et al.*, 2015; Tu *et al.*, 2017; Caetano *et al.*, 2018; MacGillivray *et al.*, 2018; Younis *et al.*, 2019) faz a medição, em tempo real, das três métricas de avaliação do desempenho de condução da CRM em conjunto e de forma automatizada. Além disto, neste tipo de treinamento, seria interessante que essas métricas fossem transmitidas, também em tempo real, para o computador do profissional de saúde, responsável por avaliar o desempenho do paciente, para que ele pudesse fazer a avaliação do paciente durante (e não após) a sessão de treinamento. Estes recursos iriam auxiliar o profissional da saúde a fazer uma avaliação mais precisa, sem erros e de forma mais rápida. De posse dessas métricas, o profissional de saúde poderá, durante a sessão de treinamento, avaliar o desempenho de condução do usuário e adequar, se for necessário, as tarefas do treinamento para que o usuário consiga melhorar as suas habilidades para dirigir a CRM.

Diante disto, o diferencial desta proposta em relação a trabalhos anteriores é o registro das métricas de forma automatizada e em tempo real, transmitindo os dados adquiridos diretamente da CRM em movimento, para o computador do profissional da saúde.

1.4 Objetivo Geral

O objetivo dessa pesquisa é projetar um sistema, composto por um equipamento e software dedicados a aquisição de métricas de condução de CRM ("*tempo*", "*número de comandos*" e "*número de colisões*"), permitindo a avaliação do desempenho do usuário do paciente durante as atividades de treinamento propostas no ambiente real.

1.5 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste estudo são:

- Manter uma revisão da literatura atualizada sobre a temática da pesquisa;
- Projetar a arquitetura de um sistema computacional que integra software e hardware e que permita a medição e transmissão sem fio das métricas para avaliação da habilidade de condução da CRM;
- Identificar as tarefas que são utilizadas por profissionais da saúde, durante o treinamento de CRM, de forma a montar um percurso adaptado para testar o sistema proposto.
- Testar o sistema para verificar sua eficiência no registro e transmissão sem fio das métricas coletadas.

1.6 Estrutura da Dissertação

Além deste capítulo introdutório, que apresenta a motivação, justificativa e o objetivo desta pesquisa, as estratégias utilizadas para desenvolver o sistema, composto por um dispositivo e software, proposto serão detalhadas nos demais capítulos. Estruturalmente, o texto está dividido da seguinte forma:

- **Capítulo 2:** apresenta a fundamentação teórica sobre deficiência e Tecnologia Assistiva;
- **Capítulo 3:** é apresentado o estado da arte referente aos trabalhos correlatos ao tema desta pesquisa;
- **Capítulo 4:** apresentação da metodologia utilizada para desenvolver o sistema proposto;

- **Capítulo 5:** são apresentados os resultados obtidos com o sistema desenvolvido e a discussão sobre os testes realizados;
- **Capítulo 6:** é apresentada a conclusão desse trabalho e propostas de estudos futuros que podem ser realizados a partir desta pesquisa.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Introdução

Neste capítulo, serão abordados conceitos relacionados à pessoa com deficiência, tecnologia assistiva, cadeira de rodas, o treinamento para uso desta tecnologia. Para isso, serão apresentados os antecedentes históricos e conceitos fundamentais para esta pesquisa.

2.2 Pessoa com Deficiência (PcD)

Os primeiros relatos sobre deficiência física aconteceram em meados de 1830 a.C., pelos egípcios. Segundo Silva (1987), é citado no Papiro de Ebers, um dos tratados médicos mais antigos e importantes, de aproximadamente 1550 a.C., sobre um paciente com deficiência física.

Encontram-se também fortes relatos durante a Idade Média, onde as pessoas com deficiência não eram aceitas em casa e, na sua maioria, eram acolhidas pela Igreja e instituições de caridade. Nesta época, não se compreendia o que acontecia com essa parcela da população e as pessoas com deficiência eram consideradas como algo ruim, passando por diversas torturas e mortes dolorosas (Scharwartzman, 1999).

Ao longo dos anos, houve inúmeras mudanças e evolução em relação à deficiência. Há relatos na história que foi apenas no século XX que as pessoas com deficiência foram reconhecidas e começaram a ser incluídas na sociedade, visto as consequências deixadas pelas Guerras Mundiais. Anteriormente a estes acontecimentos, as pessoas eram tidas como incapacitadas (França, 2014). Com o fim dos combates, os soldados retornavam dos campos de batalha e o número de pessoas feridas crescia de forma abrupta, aumentando o número de pessoas com deficiência em vários países. Apesar de não possuir toda a funcionalidade do corpo, estas pessoas conseguiam realizar determinadas tarefas e era necessário que fossem inseridas na sociedade e houvesse a

possibilidade de trabalho, uma vez que havia pouca mão de obra e, também, uma grave crise financeira (Dicher e Trevisam, 2014).

A Organização das Nações Unidas (ONU) foi oficialmente constituída no ano de 1945, com o intuito de trabalhar a paz entre os países, para evitar que mais guerras fossem declaradas, visto que as anteriores já haviam causado demasiada destruição (Andrade, 2006). Nos preâmbulos da Carta das Nações Unidas, é disposto

Nós, os povos das Nações Unidas, resolvidos a preservar as gerações vindouras do flagelo da guerra, que por duas vezes, no espaço da nossa vida, trouxe sofrimentos indizíveis à humanidade, e a reafirmar a fé nos direitos fundamentais do homem, na dignidade e no valor do ser humano, na igualdade de direito dos homens e das mulheres, assim como das nações grandes e pequenas, e a estabelecer condições sob as quais a justiça e o respeito às obrigações decorrentes de tratados e de outras fontes do direito internacional possam ser mantidos, e a promover o progresso social e melhores condições de vida dentro de uma liberdade ampla (ONU, 1945, p. 2).

Visando reforçar as determinações da Carta de 1945, a Declaração Universal dos Direitos Humanos foi proclamada no ano de 1948. É a primeira vez que a deficiência é mencionada expressamente. O Art. 25 prevê que:

Art. 25 Toda pessoa tem direito a um nível de vida suficiente para lhe assegurar e à sua família a saúde e o bem-estar, principalmente quanto à alimentação, ao vestuário, ao alojamento, à assistência médica e ainda quanto aos serviços sociais necessários, e tem direito à segurança no desemprego, na doença, na invalidez, na viuvez, na velhice ou noutros casos de perda de meios de subsistência por circunstâncias independentes da sua vontade (ONU, 1995, p. 13).

A proclamação desta Declaração é um marco histórico e importante para as pessoas com deficiência. Deste momento em diante, houve uma mudança importante: a negligência dos setores do governo e sociedade quanto ao tratamento e inclusão das pessoas com deficiência não é mais aceita, sendo instituída por lei os direitos destas.

Sasaki (2003) discute sobre as diversas terminologias aplicadas às pessoas com deficiência, de acordo com o momento na História. Na Tabela 1, é apresentada a evolução do termo até este se tornar “pessoas com deficiência”.

Tabela 1 - Evolução das terminologias referentes às pessoas com deficiência.

Época	Termos utilizados	Valor da pessoa
Nos séculos iniciais.	Inválidos.	A pessoa com deficiência era considerado inútil, um peso morto para a sociedade, sem valor profissional.
Início do século 20 até meados de 1960.	Incapacitados; Indivíduos sem capacidade ou capacidade residual.	A sociedade compreende que a pessoa com deficiência poderia ter capacidade residual, mesmo que reduzida.
Entre 1960 e 1980.	Os defeituosos; Os deficientes; Os excepcionais.	A sociedade passou a utilizar estes três termos, que focalizam as deficiências em si sem reforçarem o que as pessoas não conseguiam fazer como a maioria.
Entre 1981 e 1987.	O substantivo “deficientes” passa a ser utilizado como adjetivo. A partir de 1981, nunca mais utilizou-se a palavra “indivíduos” para se referir às pessoas com deficiência. A ONU deu o nome de “Ano Internacional das Pessoas Deficientes” ao ano de 1981.	Foi atribuído o valor “pessoas” àqueles que tinham deficiência, igualando-os em direitos e dignidade à maioria dos membros de qualquer sociedade ou país.
Entre 1988 e 1993.	Pessoas portadoras de Deficiência foi o termo utilizado somente em países de língua portuguesa, foi proposto para substituir o termo “pessoas deficientes”.	O “portar uma deficiência” passou a ser um valor agregado à pessoa. A deficiência passou a ser vista como detalhe. O termo passou a ser utilizado nas Constituições federal e estaduais e em todas as leis e políticas pertinentes ao campo das deficiências.
De ± 1990 até hoje.	Pessoas com necessidades especiais: o termo surgiu para substituir “deficiência” por “necessidades especiais”. Depois, esse termo passou a ter significado próprio sem substituir o nome “pessoas com deficiência”.	De início, “necessidades especiais” representava apenas um novo termo. Depois, com a vigência da Resolução nº 2, “necessidades especiais” passou a ser um valor agregado tanto à pessoa com deficiência quanto a outras pessoas.
De ± 1990 até hoje.	Surgiram expressões como “alunos especiais”, numa tentativa de amenizar a contundência da palavra “deficientes”. O termo pessoas especiais apareceu como uma forma reduzida da expressão “pessoas com necessidades especiais”.	O adjetivo “especiais” permanece como uma simples palavra, sem agregar valor diferenciado às pessoas com deficiência.
Início dos anos 90 até 2003.	“Pessoas com deficiência” passa a ser o termo oficial. No maior evento das organizações de pessoas com deficiência, realizado no Recife em 2000, conclamaram o público a adotar este termo. Elas esclareceram que não são “portadoras de deficiência” e que não querem ser chamadas com tal nome.	Os valores agregados às Pessoas com deficiência são: 1) o do empoderamento: uso do poder pessoal para fazer escolhas, tomar decisões e assumir o controle da situação de cada um; e 2) o da responsabilidade de contribuir com seus talentos para mudar a sociedade rumo à inclusão de todas as pessoas, com ou sem deficiência.

Fonte: Sasaki (2003).

A Política Nacional de Saúde da Pessoa Portadora de Deficiência, que orienta as ações para este grupo, foi criada no ano de 2007 e adota vários conceitos, propostos pelo Decreto nº 3.298, de 1999. Segundo seu Art. 3º, incisos I e II, deste documento, é qualificado como deficiência:

I - deficiência – toda perda ou anormalidade de uma estrutura ou função psicológica, fisiológica ou anatômica que gere incapacidade para o desempenho de atividade, dentro do padrão considerado normal para o ser humano;

II - deficiência permanente – aquela que ocorreu ou se estabilizou durante um período de tempo suficiente para não permitir recuperação ou ter probabilidade de que se altere, apesar de novos tratamentos; [...] (BRASIL, 1999, n.p.).

A deficiência pode ser classificada nos seguintes tipos: auditiva, física, mental, visual e múltipla.

Auditiva: perda bilateral, parcial ou total de 41 decibéis (dB) ou mais aferida por audiograma nas frequências de 500Hz, 1.000Hz, 2.000Hz e 3.000Hz.

Física: alteração completa ou parcial de um ou mais segmentos do corpo humano que acarreta o comprometimento da função física, apresentando-se sob as formas de paraplegia, paraparesia, monoplegia, monoparesia, tetraplegia, tetraparesia, triplicia, triparesia, hemiplegia, hemiparesia, ostomia, amputação ou ausência de membro, paralisia cerebral, nanismo, membros com deformidade congênita ou adquirida, exceto as deformidades estéticas e as que não produzam dificuldades para o desempenho de funções.

Mental: funcionamento intelectual significativamente inferior à média, com manifestações antes dos 18 anos e limitações associadas a duas ou mais áreas de habilidades adaptativas: comunicação, cuidado pessoal, habilidades sociais, utilização dos recursos da comunidade, saúde e segurança, habilidades acadêmicas, lazer e trabalho.

Visual: cegueira cuja acuidade visual for igual ou menor que 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica; baixa visão que significa acuidade visual entre 0,3 e 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica; casos em que o somatório da medida do campo visual, em ambos os olhos, for igual ou menor que 60º; ocorrência simultânea de qualquer das condições anteriores.

Múltipla: é a presença de duas ou mais deficiências no mesmo indivíduo. (BRASIL, 1999, n.p.).

2.3 Deficiência Física

A deficiência física define-se como qualquer perda ou anormalidade de estrutura ou função fisiológica ou anatômica. Pode ocasionar alterações completas ou parciais, em um ou mais segmentos do corpo humano, acarretando o comprometimento da função física.

Lopes, Mendes e Faria (2005), esclarecem que a deficiência física possui diversas causas podendo aparecer de formas distintas como distrofia muscular, epilepsia, paralisia cerebral, má formação congênita, entre outras. Na Tabela 2 é apresentada as diversas classificações da deficiência física.

Tabela 2 - Classificações da deficiência física.

Classificação	Descrição
Monoplegia	Condição que apenas um membro ou grupo muscular é afetado.
Monoparesia	Paralisia incompleta de nervo ou músculo de um só membro que não perdeu inteiramente a sensibilidade e movimento.
Diplegia	Condição que são afetados os membros superiores.
Diparesia	Paralisia incompleta de nervo ou músculo dos membros superiores.
Triplegia	Condição em que três membros são afetados.
Triparesia	Paralisia incompleta de nervo ou músculo de três membros que não perderam totalmente a sensibilidade e movimento.
Tetraplegia	Condição que atinge todos os membros.
Tetraparesia	Paralisia incompleta de nervo ou músculo de quatro membros que não perderam totalmente a sensibilidade e movimento.
Paraplegia	Condição que afeta os membros inferiores ou toda a parte inferior do corpo.
Hemiplegia	Condição que paralisa um lado do corpo, sendo membro inferior e superior.
Hemiparesia	Paralisia incompleta de nervo ou músculo de membros do mesmo lado, sendo esquerdo ou direito, que não perderam totalmente a sensibilidade e movimento.
Paralisia Cerebral	Condição em que ocorre uma lesão em alguma(s) parte(s) do cérebro, ocorrente durante a gestação, parto ou após o nascimento, durante o processo de amadurecimento do cérebro da criança.
Amputação ou ausência de membros	Condição em que ocorre a perda de um membro. Ocasionalmente por diversos fatores, como traumatismos, insuficiência vascular, tumores malignos, infecção, entre outros.

Fonte: Santos (2012).

De acordo com Schirmer et al. (2007), o papel mais importante do sistema nervoso é ter o controle e poder coordenar a maior parte do corpo humano. O Sistema Nervoso recebe inúmeras informações, a todo o tempo, de diferentes órgãos sensoriais, e analisa tais informações para determinar a resposta e ação que deve ser executada por outros sistemas. Estas respostas podem ser ligadas ao sistema motor, possibilitando o movimento; outras formas de resposta controladas pelo sistema nervoso são a fala, a atividade mental, o sono, dentre outros (Castro *et al.*, 2018; Schirmer *et al.*, 2007).

A deficiência física é marcada pela perda de uma das funções físicas do ser humano, comprometendo o aparelho locomotor que compreende o Sistema Osteoarticular, o Sistema Muscular e o Sistema Nervoso (Campos; Sá; Silva, 2007). Ainda encontraremos alterações funcionais motoras decorrentes de lesão do Sistema Nervoso e, nesses casos, observaremos principalmente a alteração do tônus muscular, como atividades tônicas reflexas, movimentos involuntários sem coordenação (Teixeira, 2014). Diante disto, buscando uma forma de o dia-a-dia destas pessoas o mais independente possível e possibilitando a execução de diversas tarefas, as pessoas com deficiência física tem em sua rotina a inclusão de diferentes recursos de Tecnologia Assistiva (Bersch *et al.*, 2007; Campos; Sá; Silva, 2007). Estes visam auxiliar as atividades diárias realizadas por estas pessoas, tornando-as mais fáceis de serem completadas, possibilitando maior independência e menor cansaço físico e mental (Chesani *et al.*, 2018).

2.4 Tecnologia Assistiva

A palavra *tecnologia*, proveniente das diversas consequências às quais o mundo foi exposto durante e após a revolução industrial, no final do século XVIII, está atrelada à inovação e descobrimentos. O significado da palavra parte do princípio de que se trata de equipamentos ou dispositivos que facilitam a execução de atividades diversas (Reis, 2014). A tecnologia está presente em todos os âmbitos atuais, no lazer, nas diferentes profissões e na saúde.

Neste contexto, o termo Tecnologia Assistiva (TA) compreende a todos e quaisquer recursos e serviços que contribuem para proporcionar, somar e ampliar habilidades funcionais de pessoas com deficiência, buscando como

finalidade uma vida menos dependente e inclusão (Bersch, 2008). Em registros históricos, a primeira vez em que a expressão TA foi utilizada aconteceu no ano de 1988, estando presente no documento oficial dos Estados Unidos, conhecido como Public Law 100-4079 (Simonell; Jackson Filho, 2017).

Neste documento, relata-se que Estados podem promover tecnologia relacionada a assistência de indivíduos com deficiência e outros propósitos, compondo juntamente com outras leis, a ADA - *American with Disabilities Act*. De acordo com Bueno (2016, p. 43), este ato “*proíbe a discriminação e assegura oportunidades iguais para pessoas com deficiência referente ao emprego, Estado e serviços governamentais locais, acomodações públicas, instalações comerciais e transporte*”. E ainda, este ato teve a responsabilidade de buscar e regular os direitos das pessoas com deficiência, além de promover a criação de fundos fiduciários para compra de produtos e pagamento de serviços necessários a estas pessoas. Segundo Bersch (2008), os Estados Unidos foram pioneiros em conceder verba exclusiva para fabricação, seja em série ou sob medida, de TA, para as pessoas com deficiência, oferecendo serviços e recursos visando garantir a inclusão.

No ano de 1989 houve a criação da Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência (CORDE), através da Lei Nº 7.853 (Brasil, 1989) e, em 1999, do Conselho Nacional dos Direitos das Pessoas com Deficiência (CONADE), através do Decreto nº 3.298 (Brasil, 1999). A criação da Coordenadoria e do Conselho trazem a integração da pessoa com deficiência na sociedade, através da criação de diversas normas e na busca dos direitos, nos diversos setores como educação, saúde, trabalho, assistência social, transporte, cultura e lazer (Lanna Junior, 2010).

No território brasileiro, no início dos anos 2000, começaram as discussões mais longas sobre a temática. Tornou-se um assunto mais frequente em 2006, através da Portaria nº 142, que instituiu o Comitê de Ajudas Técnicas (CAT) (Rocha, Castiglioni, 2005). O Comitê é composto por 19 profissionais e teve como responsabilidade elaborar as diretrizes básicas para a área de TA e divulgar estudos que complementassem e possibilitassem a regulamentação das tecnologias no país (Brasil, 2006; Galvão Filho, 2009). O intuito deste Comitê é:

(...) difundir a Tecnologia Assistiva junto às instituições de ensino, organizações de e para pessoas com deficiência, conselhos de

direitos, órgãos governamentais, profissionais de saúde, educação, desenho industrial, engenharia, tecnologia da informação, entre outras pessoas interessadas no tema (BRASIL, 2009, p. 10).

Reis (2014) traz a Portaria nº 142, de 2006, que define os objetivos principais do Comitê, que são:

I - elaborar e aprovar o Regimento Interno e o Plano de Ação do Comitê de Ajudas Técnicas;

II - monitorar o cumprimento das ações e medidas constantes no Plano de Ação do Comitê de Ajudas Técnicas;

III - apresentar propostas de políticas governamentais e parcerias entre a sociedade civil e órgãos públicos referentes à área de ajudas técnicas;

IV - estruturar as diretrizes da área de conhecimento;

V – realizar levantamento dos recursos humanos que atualmente trabalham com o tema;

VI – detectar os centros regionais de referência em ajudas técnicas, objetivando a formação de rede nacional integrada;

VII - estimular nas esferas federal, estadual, municipal, a criação de centros de referência em ajudas técnicas;

VIII - propor a criação de cursos na área de ajudas técnicas, bem como o desenvolvimento de outras ações com o objetivo de formar recursos humanos qualificados na área (REIS, 2014, p. 36).

O CAT propõe a seguinte definição para o termo:

Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que 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 (ATA VII - Comitê de Ajudas Técnicas, p.3).

Tendo definido o que é TA e quais são os objetivos do Comitê, elaborou-se um plano de trabalho, contendo ações de curto, médio e longo prazo, e também estabeleceu-se quatro comissões temáticas, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Comissões Técnicas do Plano de Trabalho do Comitê de Ajudas Técnicas.

Comissão	Responsabilidade
Conceituação e Estudo de Normas	Competia o estabelecimento dos conceitos e terminologias que deveriam ser adotadas na legislação, como meio de padronização e referência para os estudos posteriores.
Educação - Uso de recursos e equipamentos de Tecnologia Assistiva na Educação Municipal, Estadual e Federal Tecnológica	Abordava o tema da TA na área da educação, analisando o uso de recursos e equipamentos para auxiliar alunos com deficiência no desempenho de suas atividades escolares. A comissão analisou o conhecimento que os professores tinham sobre os recursos de TA, sua aplicabilidade e manuseio dos mesmos.
Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação	Responsável por propor políticas públicas e ações para a pesquisa, desenvolvimento e inovação.
Concessão e Aquisição de Tecnologia Assistiva	Seu objetivo era cuidar das questões ligadas à concessão, aquisição e uso dos recursos, tais como, órteses e próteses, auxiliares de mobilidade e locomoção, produtos para deficiências visual e auditiva, e acessibilidade aos serviços, espalhados pelo país.

Fonte: Adaptado de Galvão Filho (2009).

Existe uma infinidade de recursos e serviços de TA que podem ser desenvolvidos. Os recursos devem ser organizados ou classificados de acordo com objetivos funcionais de acordo com seus fins. A Portaria Interministerial N° 362, de 24 de outubro de 2012 define quais são os principais grupos e como classificar cada tecnologia, como mostra a Tabela 4.

Apesar de existirem grupos distintos, todos eles possuem uma característica em comum: proporcionar à pessoa com deficiência, que fará uso de uma ou mais tecnologias, maior independência, qualidade de vida e inclusão social, através da ampliação de sua comunicação, mobilidade, controle sobre seu corpo e o que se deseja expressar, habilidades de seu aprendizado, trabalho e inclusão social.

Tabela 4 - Categorias de Tecnologia Assistiva.

Categoria		Descrição	Recursos e Serviços
Auxílios para a vida diária e vida prática		Materiais e produtos que favorecem desempenho independente em tarefas rotineiras ou facilitam o cuidado de pessoas em situação de dependência de auxílio em diversas atividades.	Talheres adaptados; suportes para utensílios domésticos; roupas desenhadas para facilitar o vestir e despir; recursos para transferência; barras de apoio e etc.
Comunicação Alternativa (CAA)	Aumentativa e	Esta categoria busca atender as pessoas sem fala ou escrita funcional ou em defasagem entre sua necessidade comunicativa e sua habilidade em falar e/ou escrever.	Vocalizadores, pranchas de comunicação e reprodução de voz, computador com softwares específicos e tablets destinados a auxiliar pessoas com deficiência a expressam questões, desejos e etc.
Recursos de acessibilidade ao computador		Conjunto de hardware e software idealizados para tornar o computador acessível a pessoas com privações visuais e auditivas, intelectuais e motoras.	Teclados e mouses modificados, acionadores diversos, software de reconhecimento de voz, dispositivos apontadores órteses, ponteiras para digitação, etc.
Sistemas de controle de ambiente		Dispositivo remoto que possibilita às pessoas com limitação motora, ligar, desligar e ajustar aparelhos como luz, som, televisores, ventiladores, receber e fazer chamadas telefônicas, entre outros.	Controle remoto específico; automação residencial, com auto ajuste às informações do ambiente como temperatura, luz, hora do dia, presença de ou ausência de objetos e movimentos.
Projetos arquitetônicos para acessibilidade		Projetos de edificação e urbanismo que garantem acesso, funcionalidade e mobilidade a todas as pessoas.	Adaptações estruturais e reformas, adicionando rampas, elevadores, adaptações em banheiros, mobiliário entre outras, que retiram ou reduzem as barreiras físicas.
Órtese e prótese		Próteses são peças artificiais que substituem partes ausentes do corpo. Órteses são colocadas junto a um segmento corpo, garantindo um melhor posicionamento, estabilização e/ou função	Confeccionadas sob medida e servem no auxílio de mobilidade, de funções manuais (escrita, digitação, utilização de talheres, manejo de objetos para higiene pessoal), correção postural, entre outros.
Adequação postural		Seleção de recursos que garantem posturas alinhadas, estáveis, confortáveis e com boa distribuição do peso corporal.	Recursos que auxiliam e estabilizam a postura deitada e de pé. Cadeiras de rodas recebem sistemas especiais de assentos e encostos.
Auxílios de mobilidade		Auxílio da mobilidade a partir de veículos, equipamentos ou estratégias utilizadas na melhoria da mobilidade pessoal	Bengalas, muletas, andadores, carrinhos, cadeiras de rodas manuais ou elétricas, scooters, etc.
Auxílios para qualificação da habilidade visual e recursos que ampliam a informação a pessoas com baixa visão ou cegas		Dispositivos e serviços que possibilitam ou ampliam função sensorial	Auxílios óticos, lentes, lupas manuais e eletrônicas, softwares ampliadores de tela, material gráfico com texturas e relevos, mapas e gráficos táteis, etc.
Auxílios para pessoas com surdez ou com déficit auditivo		Dispositivos e serviços que possibilitam ou ampliam função sensorial	Equipamentos (infravermelho, FM), aparelhos para surdez, sistemas com alerta tátil-visual, software que transforma em voz o texto digitado no celular e em texto a mensagem falada, livros, textos e dicionários digitais em língua de sinais, sistema de legendas.
Mobilidade em veículos		Acessórios que possibilitam uma pessoa com deficiência dirigir um automóvel.	Facilitadores de embarque e desembarque como elevadores, rampas para cadeiras de rodas e outros serviços.
Esporte e Lazer		Recursos que favorecem a prática de esporte e participação em atividades de lazer	Cadeira de rodas/basquete, bola sonora, auxílio para segurar cartas e prótese para escalada no gelo

Fonte: Adaptado de Portaria Interministerial N° 362, de 2012, e Bersch (2017).

2.5 Cadeira de Rodas

A cadeira de rodas (CR) é um equipamento de TA. A Classificação Internacional de Funcionalidade (CIF) aborda a Tecnologia Assistiva como produtos e tecnologia de assistência para melhorar a funcionalidade das pessoas com deficiência (CIF, 2003).

2.5.1 Histórico

Os primeiros registros de aparição de um dispositivo que auxilia na mobilidade da pessoa, que necessariamente deva sentada, são de 525 d.C., em um sarcófago chinês, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1 - Dispositivo de Mobilidade, na China, 525 d.C.



Fonte: Sawatzky (2002).

Uma CR com maior elaboração, com certo aprimoramento, visto que há apoio para os pés, ocorreu no século XVI, quando houve a adaptação do trono para o Rei Phillip II, da Espanha, em 1595, como visto na Figura 2 (Medola *et al.*, 2011).

Figura 2 - Adaptação do trono do Rei Phillip, da Espanha, em 1595.



Fonte: Sawatzky (2002).

O próximo registro é de 1655, na Alemanha, onde Stephen Farfler, paraplégico, conseguiu construir sua própria CR, onde o impulso era dado com os braços, através de uma manivela (Figura 3). Este é um marco no avanço dos modelos de CR, pois traz independência para o usuário, uma vez que o mesmo pode controlar sua locomoção (Medola *et al.*, 2011).

Figura 3 - Stephen Farfler e sua cadeira de rodas com propulsão a mão.



Fonte: Sawatzky (2002).

Com o passar dos anos e a utilização do modelo demonstrado por Stephen, foram surgindo novas preocupações. Sendo assim, no início do século XVIII, observam-se os primeiros sinais de preocupação com conforto e a interação do ser humano com a CR (Medola *et al.*, 2011). Nesta época, surgiu a CR feita de palha, com peso, consideravelmente, inferior aos modelos anteriores, e rodas

diferentes (Bertoncello, Gomes, 2002). Nesta mesma época, John Dawson, de Bath, inventou uma CR que deveria ser utilizada durante o banho, que foi nomeada com o nome de sua cidade natal. O inventor projetou uma CR com duas rodas grandes e uma pequena, como mostrado na Figura 4.

Figura 4 - Cadeira de rodas desenvolvida por Dawson.



Fonte: Sawatzky (2002).

O americano Herbert A. Everest foi acometido por uma doença e se tornou paraplégico. Diante das necessidades, principalmente a de mobilidade, e compreendendo o tempo em que ficaria sentado na CR, era necessário ter um dispositivo com conforto e segurança, o que levou-o a desenvolver, em 1933, um projeto com o engenheiro Harry C. Jennings - a CR com assento flexível. Ela foi construída em tubo de aço, dobrável, com aro de propulsão fixa nas rodas traseiras, e rodas pequenas em sua frente (Medola *et al.*, 2011), como mostra a Figura 5.

Figura 5 - Cadeira do século XVIII com possibilidade de ajustes.



Fonte: Sawatzky (2002).

O modelo apresentado por Herbert e Harry já se assemelha a diversos existentes no mercado nos dias atuais. Devido à influência do automóvel e a industrialização, que trouxeram uma infinidade de peças e mecanismos à tona, o projeto inicial sofreu diversas modificações. Em meados de 1930 a 1950, foram introduzidas as peças removíveis, tendo em vista a facilitação do transporte, a manutenção e, principalmente, a troca de alguns elementos que não possuem o mesmo tempo de vida útil, como os apoios para os pés e braços (Carriel, 2007; Zimmermann, Hillman, Clarkson, 2005).

Entre os anos 70 e 80, aliadas ao surgimento de programas de reabilitação e terapias e buscando auxiliar as pessoas com deficiência a superar barreiras e desafios, as CR foram sofrendo maiores modificações (Mazzotta; D'Antino, 2011; Medola *et al.*, 2011). Os esportes com CR foram ganhando cada vez mais espaço e o modelo necessitava ser ainda mais leve, possibilitando maior movimento com menor força aplicada, dentre diversos outros detalhes, que caracterizavam o protótipo de acordo com a funcionalidade que deveria desempenhar (Carriel, 2015; Silva *et al.*, 2013). A Figura 6 apresenta uma CR desenvolvida em 1986 que foi um modelo utilizado em paraolimpíadas.

Figura 6 - Champiom '3000' - Cadeira de Rodas Suíça desenvolvida em 1986.



Fonte: Carriel (2007).

A CR no âmbito esportivo se popularizou rapidamente em todo o mundo e diversos grupos foram criados, promovendo versatilidades que a Tecnologia Assistiva deveria possuir para determinado esporte (Teixeira, Ribeiro, 2006). O modelo da CR ganhou uma nova vertente, sendo mais ágil, oferecendo maior segurança, com diferentes rodas, maior proximidade do solo e eixos especiais, cada item sendo adaptado de acordo com o esporte escolhido, como é possível visualizar nas Figuras 7 (basquete) e 8 (futebol).

Figura 7 - Cadeira de rodas utilizada no basquete.



Fonte: Supporty Med (2020).

Figura 8 - Cadeira de rodas utilizada no futebol.



Fonte: Extra (2012).

A responsabilidade de engenheiros e outros profissionais envolvidos com pessoas com deficiência é oferecer tecnologias mais adaptadas às necessidades dos usuários e focadas em proporcionar independência, mas com qualidade e conforto. Com esta visão, é criada a cadeira de rodas motorizada (CRM). Entende-se que uma CRM utiliza um motor para girar suas rodas. Na história, sabe-se que a primeira tentativa de criação deste modelo ocorreu em 1916. Porém, não houve êxito.

Segundo Wolfson (2014), George Klein e sua equipe de engenheiros foram os primeiros a inventar um modelo comercializável na versão motorizada, sendo este desenvolvido no Conselho Nacional de Pesquisa do Canadá, em meados de 1940. O pesquisador dedicou cerca de 40 anos da sua vida para a pesquisa e por fim desenvolveu um modelo duradouro e confiável, como visto na Figura 9. A Everest & Jennings se consagrou como a primeira a produzir uma CRM em grande escala, a partir de 1956 (Ding, Cooper, 2005; Leaman, 2017).

Figura 9 - Cadeira de rodas motorizada inventada por George Klein.



Fonte: Ingenium Channel (2016).

A pesquisa e trabalho de George Klein foram apenas o início de uma era de CRM. No âmbito nacional, diversas empresas desenvolveram diferentes alternativas, cada uma delas determinada de acordo com a condição específica da pessoa com deficiência, de forma a buscar por qualidade e satisfação do usuário. Os modelos podem ser diferentes como os ilustrados nas Figuras 10 e 11, porém tem o objetivo comum de promover independência e segurança.

Figura 10 - Cadeira de rodas motorizada conduzida por joystick.



Fonte: Vollenz Reabilitação (2019).

Figura 11 - Cadeira de rodas motorizada com elevação automática.



Fonte: Vollenz Reabilitação (2019).

2.5.2 Pesquisas sobre Cadeira de Rodas

A CR é uma tecnologia que preenche uma parte da vida das pessoas com deficiência, diante das possibilidades que proporciona. Por isso, é imprescindível compreender as diversas vantagens e o impacto positivo que o equipamento traz, quando adequado e atendendo as necessidades do usuário. A evolução histórica desta tecnologia é notável, sendo estimulada por diversos fatores: a necessidade de locomoção; o impacto industrial; a curiosidade e adaptação para determinadas atividades, dentre outros. Entretanto, ainda não existe um modelo perfeito, que atenda todas as necessidades e expectativas dos usuários. Portanto, a pesquisa possibilita a constante busca por melhorias (Branowski, Sydor, 2013; Verbug *et al.*, 1996).

Em CR manuais, as estruturas são geralmente pesadas e requerem um grande esforço do usuário, que repete inúmeras vezes o mesmo movimento, exigindo esforço nos membros superiores (MMSS). O uso, de forma e período inadequados, pode trazer problemas físicos, devido à força investida para completar o movimento. Além disso existem problemas psicológicos, pois podem frustrar o usuário (Chaves *et al.*, 2004).

Assim, a pesquisa tem papel fundamental nesta questão pois aborda modos alternativos de propulsão manual, evitando a fadiga dos músculos dos membros superiores. As últimas descobertas trazem relatos sobre materiais

mais leves e resistentes, que possibilitam a fabricação de um equipamento com menor peso, maior segurança e durabilidade (Boninger *et al.*, 2000; Collinger *et al.*, 2008).

De acordo com Medola (2011), os pesquisadores imaginaram que implementando o motor na CR para eliminar a necessidade da propulsão manual, as pesquisas utilizando esta TA diminuiriam. Todavia, sabe-se que novas alternativas de locomoção também ocasionam o surgimento de novas questões e problemas a serem estudados.

Neste contexto, a implementação do motor não foi a única inovação para a CR. Estes novos modelos trouxeram a inclinação do encosto e assento, possibilitando o ajuste do corpo em diversos ângulos, variando a pressão do corpo e diminuindo lesões ou úlceras por pressão, quando utilizados de forma e tempo corretos. Além disso, a inclinação dos pedais permite a elevação das pernas, diminuindo o inchaço e aumentando a circulação sanguínea, impedindo que o corpo projete-se a 90° por longos períodos (Gefen, 2007; Rush, 2009). Há também a elevação do assento, que permite que o usuário faça a transferência da cadeira para outro local sozinho, em diversos níveis, e também possibilitando o alcance e manuseio de objetos que estão superiores ao limite de altura que a cadeira comum alcança. Pesquisas mais recentes ainda procuram elevar o assento, buscando protótipos de CR onde o usuário está em pé, tendo apenas o encosto como apoio. Ainda, existem estudos para verificar a segurança e a viabilidade de produção (Ikeda *et al.*, 2019; White, Plunk, 2018).

Atualmente, as pesquisas (Madeira, 2008; Scatolin *et al.*, 2015) com esta TA estão focadas na interação entre homem e a máquina (Wenxiu; Hongliu; Meng, 2018). Segundo Hewett *et al.* (1992), a área responsável por estudos de Interface Homem-Computador (IHC) é multidisciplinar, buscando implementar e avaliar sistemas e máquinas que estão em constante interação com o ser humano e ainda estudar as respostas e fenômenos provenientes desta relação. Os controles alternativos são abordagens para atender as diversas necessidades das pessoas com deficiência, que além de não possuir controle motor para locomoção, não possuem a habilidade de controlar o joystick.

Desta forma, torna-se necessário buscar alternativas como, por exemplo, comandar a cadeira através de controle ocular como desenvolvido por Borges (2016). Neste projeto, foi implementado um sistema de comando de CRM,

utilizando o movimento dos olhos. Outro modelo de controle alternativo foi desenvolvido por Hu *et al.* (2018), utilizando a eletromiografia e diversos processamentos para que, através do biopotencial, o usuário controlasse a CRM através de quatro gestos diferentes que correspondem aos seguintes movimentos: frente, trás, esquerda e direita.

Contudo, a implementação de novos controles não é algo simples e, também, não é facilmente assimilada pelos usuários. Assim, os ambientes de Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) emergem como uma possibilidade para se realizar o treinamento seguro do usuário antes do seu contato efetivo com a CRM (Hernandez-Ossa *et al.*, 2017; Correa *et al.*, 2020). Os autores Tao e Archambault (2016) desenvolveram simuladores de RV e RA buscando oferecer uma alternativa viável para o treinamento, focado em reabilitação, podendo este ser aplicado em casa ou em um ambiente clínico, supervisionado por um profissional habilitado. Outra proposta de treinamento de CR em RV foi realizada por Hernandez-Ossa *et al.* (2019), que desenvolveu um simulador de RV para propósitos de aprendizado de direção segura de CRM, aplicando determinados testes de habilidades e desempenho de direção.

2.6 Treinamento para Usuários de Cadeira de Rodas Motorizadas

Para as pessoas com deficiência que tem algum comprometimento severo que acarreta em não locomoção, a CRM é uma modalidade muito importante, pois proporciona o deslocamento. Cooper (2012) discute sobre o progresso, perspectivas e transformação da pesquisa em CRM nos últimos anos. Também, aponta sobre a dificuldade de obter um exemplar da tecnologia com qualidade e que tenha maior vida útil, principalmente, quando a manutenção preventiva é realizada corretamente. Ele ainda destaca que é comum que nos meses iniciais de uso, a CRM venha a dar algum defeito (Liu *et al.*, 2010).

É importante ressaltar que concretizar a aquisição desta tecnologia não possibilita e garante ao usuários os benefícios que ela proporciona, como a independência e confiança (Giesbrecht *et al.*, 2013). O uso incorreto da CRM pode trazer diversos prejuízos para a saúde e tornar a experiência com a tecnologia frustrante, visto que pode haver impacto negativo no desempenho do usuário (Caro, Cruz, 2020). Smith, Sakakibara e Miller (2016) discutem que o

treinamento de habilidades em CRM pode auxiliar em todo o processo de reabilitação.

De acordo com Melo (2010), o treinamento pode ser definido como:

atividade responsável pela transferência de conhecimentos, com o objetivo de prover carências, instigar e ampliar habilidades e potencialidades, visando o desenvolvimento da pessoa, buscando tornar-se mais qualificado e preparado para assimilar e superar desafios (MELO, 2010, p. 16).

O treinamento deve estar vinculado a um determinado objetivo ou meta, de forma que esta justifique a ação e o esforço aplicado, incentivando a conquista de um resultado. Este, quando realizado da forma correta, possibilita o aprendizado de uma nova habilidade ou atitude frente a determinada situação, agregando valor à atividade executada pelo ser humano. Quando realizado incorretamente ou não cumprindo o cronograma determinado, causa frustração e desperdício de tempo (Calil, 2004; Quirino, 2019).

Todavia, comandar uma CRM necessita recrutar habilidades motoras, visuais e cognitivas específicas e é uma atividade mais complexa do que se imagina (Caro, 2019). A oferta de um treinamento prévio antes da utilização da tecnologia promove uma série de benefícios para o usuário, que deverá ser avaliado por um profissional da saúde qualificado, para definir se a pessoa está apta para conduzir a cadeira com segurança e sem causar danos prejudiciais à saúde (Lange, Grieb, 2015).

Dentre os benefícios que a CRM aliada ao treinamento adequado pode proporcionar ao usuário estão: 1) A redução de uma série de problemas comuns, como o posicionamento incorreto sobre o assento, que pode ser prejudicial a respiração, digestão e permite um menor controle da cabeça e tronco; 2) Evitar a ocorrência de pressões em pontos errados do corpo, o que pode levar a úlceras por pressão; 3) Maior confiança, permitindo que medos sejam superados e o usuário frequente uma maior variedade de locais, visto que as restrições devido ao medo de trafegar por subidas, descidas e rampas são minimizados (De Moraes *et al.*, 2016; Lana, Silva, Barbosa, 2014).

Não obstante, o treinamento deve incluir, também, informações sobre cuidados e manutenção básica das CRM, além das instruções para comandá-la. Lange e Grieb (2015) discutem sobre como a CRM pode ser intimidante e

frustrante, tanto para o usuário como seu eventual cuidador. E ainda, é importante ressaltar que o treinamento diminui a ansiedade e outras emoções que podem dificultar a condução, de maneira a proporcionar uma locomoção mais segura evitando acidentes. Desta forma, percebe-se que o treinamento é fundamental para a melhoria da qualidade de vida do usuário de CRM.

Pelo exposto, verifica-se que o treinamento pode ser efetivo para melhorar as habilidades, inclusive, do usuário que já possui uma CR. Observado que a CRM possui inúmeros detalhes que a CR não possui. Então, é necessário ensinar e orientar sobre o posicionamento na CRM, o manejo do joystick e utilização das interfaces. Frank e De Souza (2017) e Valentini (2019) ressaltam que o treinamento para uso da CRM traz benefícios tanto para novos usuários quanto para aqueles que já a utilizam, porém, não conhecem todas as funções e assim não tiram um melhor proveito da tecnologia, de forma a auxiliar no desenvolvimento de habilidades para minimizar riscos e aumentar a independência do usuário.

2.7 Considerações Finais

Este capítulo apresentou uma breve introdução sobre o tema relacionado as pessoas com deficiência. Foram apresentados desde os primeiros registros de relatos de deficiência, conquistas de direitos até a terminologia utilizada nos dias atuais. E ainda, foi relatada toda a evolução da TA relacionada aos diversos tipos de cadeiras (CR e CRM) e as adaptações que surgiram como passar do tempo. Finalmente, foi ressaltada a importância do treinamento para os usuários de CRM, com a finalidade de melhorar a habilidade de condução, segurança e qualidade de vida. No próximo capítulo, serão apresentados os sistemas de treinamento já existentes para os usuários de CRM.

CAPÍTULO 3

TRABALHOS RELACIONADOS

3.1 Introdução

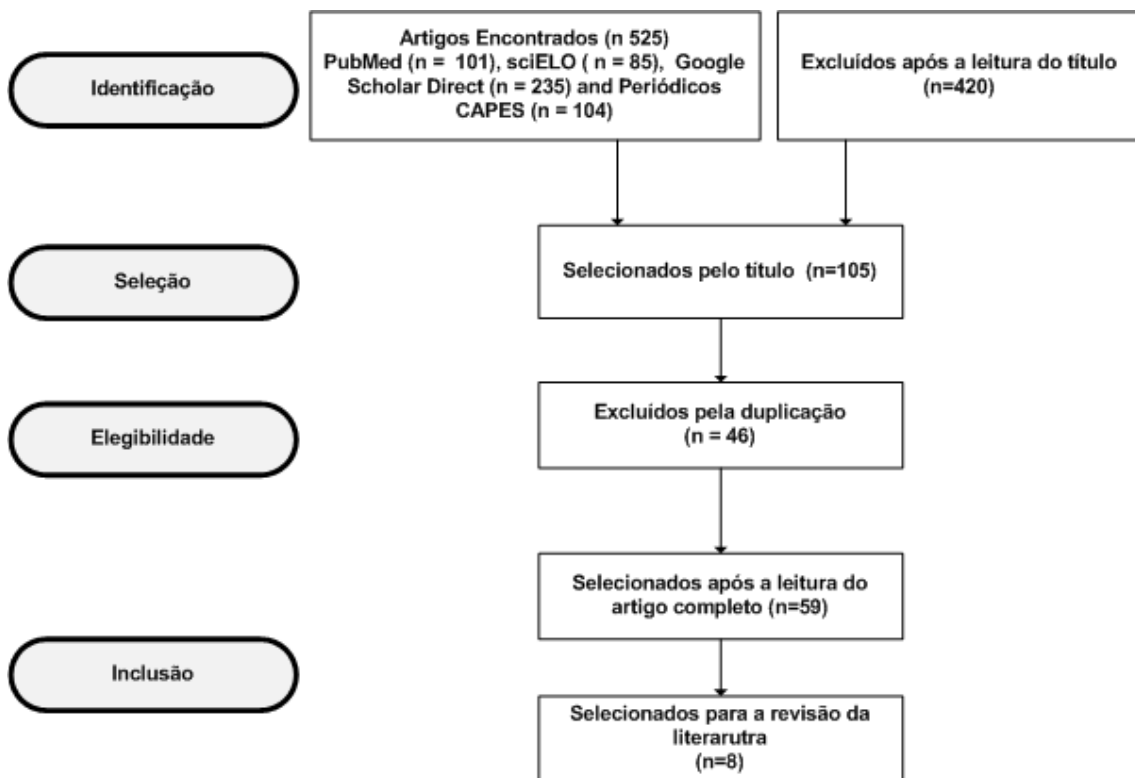
Este capítulo tem como objetivo apresentar algumas pesquisas já existentes sobre sistemas de treinamento de condução de CRM. Serão apresentados estudos que realizaram a avaliação do desempenho do usuário na condução da cadeira de rodas em ambiente real ou virtual e aumentada, e, por fim, uma comparação entre os estudos escolhidos.

3.2 Metodologia

Com o intuito de encontrar trabalhos que estivessem relacionados com a temática deste estudo, foi realizada uma revisão da literatura utilizando a metodologia *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) (McInnes *et al.*, 2018). Os critérios de inclusão foram: que o artigo estivesse nas bases de dados selecionadas (Google Scholar, SciELO, PubMed e Periódicos CAPES) e que o texto completo estivesse disponível em Português ou Inglês. A busca foi realizada para os artigos publicados no período de 2000 até 2020. As palavras chave utilizadas foram: "power wheelchair", "training", "performance", "metrics", "augmented reality". Além disso, foram usadas as seguintes versões em português das palavras chave: "cadeira de rodas motorizada", "treinamento", "desempenho", "métricas", "realidade virtual" e "realidade aumentada", sendo estas usadas separadas e combinadas, como: "cadeira de rodas e treinamento", "treinamento e desempenho e cadeira de rodas motorizada", "métricas ou desempenho e cadeira de rodas motorizada".

Após a leitura dos 59 artigos pré-selecionados, 51 foram excluídos, pois não continham conceitos ou metodologia relacionados a esta pesquisa. Assim, a amostra dos artigos relacionados que foi analisada é composta por 8 estudos (Figura 12).

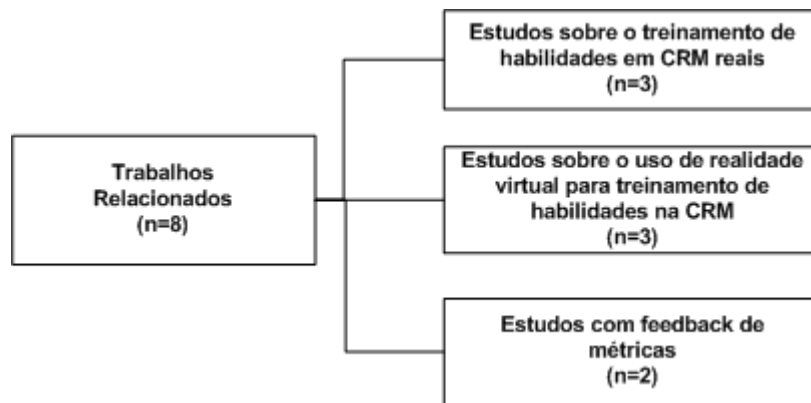
Figura 12 - Diagrama do método PRISMA utilizado para selecionar os trabalhos correlatos à esta pesquisa.



Fonte: Autoria própria (2020).

Os estudos selecionados para a revisão da literatura foram organizados em 3 grupos: (i) Estudos sobre o treinamento de habilidades em CRM reais; (ii) Estudos sobre o uso de Realidade Virtual para treinamento de habilidades na CRM; (iii) Estudos com feedback de métricas - conforme mostra a Figura 13. Estes estudos serão detalhados na próxima seção.

Figura 13 - Categorias dos trabalhos relacionados que foram utilizados na revisão da literatura.



Fonte: Autoria própria (2020).

3.1 Estudos sobre o treinamento de habilidades em CRM real

- **Estudo 1**

Na revisão sistemática intitulada *“Effectiveness and safety of wheelchair skills training program in improving the wheelchair skills capacity: a systematic review”* (Tu *et al.*, 2017), é avaliada a eficácia e segurança dos programas de treinamento. Dez trabalhos foram selecionados para a metanálise, reunindo dados de 455 voluntários, datados até 2017. Todos os participantes foram submetidos a uma série de atividades onde o terapeuta, baseado em sua observação, pontuava a execução da atividade. Os autores concluíram que, a curto prazo, o treinamento é eficiente e seguro, permitindo que o usuário desenvolva suas habilidades, aumente sua confiança e sua independência no cotidiano.

Este estudo demonstra a importância do treinamento em cadeira de rodas motorizada, visando fornecer ao paciente segurança e ferramentas para melhoria de habilidades. Em contrapartida, ao realizar a análise aos dez trabalhos selecionados para a revisão, observa-se uma limitação, que é a quantificação de métricas para avaliação do desempenho do paciente, durante as sessões de treinamento de forma automatizada. Em todos os artigos revisados, o profissional da saúde era responsável por pontuar, de acordo com sua perspectiva, como foi a execução das atividades realizadas. Isto é uma limitação pois o ser humano é passível de erros, sendo assim, pode não fazer uma observação correta e fiel de como foi a execução das atividades, e no futuro,

caso haja erros nesta observação, pode gerar consequências negativas para o usuário de CRM, como a má utilização e condução da Tecnologia Assistiva.

- **Estudo 2**

No estudo intitulado *“Effectiveness of the Wheelchair Skills Training Program: a systematic review and meta-analysis”* (Keeler *et al.*, 2019) é feita uma revisão sistemática para estudar a eficácia do Wheelchair Skills Training Program (WSTP). Foram selecionados 13 artigos, que totalizam 581 participantes. Avaliou-se a pontuação do desempenho quando submetido ao WSTP e Wheelchair Skills Test questionnaire (WST-Q). Ao final das avaliações de habilidade, constatou-se que houve uma melhora após o treinamento, e quando comparado habilidades de pessoas que sofreram intervenção com o grupo controle, houve uma melhora de 14%, que equivale ao aprendizado de 4 habilidades novas.

O WSTP é um método de treinamento padronizado que aborda um conjunto de habilidades representativas para cadeiras de rodas. Este protocolo consiste na realização de tarefas discretas, ou seja, de curta duração, onde o responsável tem o poder de julgar se a tarefa foi realizada adequadamente ou não. Não há parâmetros de avaliação do desempenho do paciente durante as sessões, apenas a opinião do profissional, sendo, portanto, uma limitação, visto que esta pode não ser precisa.

- **Estudo 3**

O estudo intitulado *“Goal satisfaction improves with individualized powered wheelchair skills training”* (MacGillivray *et al.*, 2018) verifica sobre melhorias de habilidade após treinamento constante em CRM e se estas se mantêm por 3 meses após a finalização do mesmo. Dezesete voluntários foram submetidos a cinco sessões utilizando o protocolo WSTP. Aliado às sessões, todos os participantes responderam uma avaliação sobre a satisfação com o alcance de metas, sendo o score de 0 a 10. Os participantes foram submetidos a esta avaliação em três períodos: antes do treinamento, durante e após 3 meses de finalização.

Na avaliação realizada alguns meses após a finalização das sessões, os autores mostram que houve resposta afirmativa ao treinamento, e as habilidades desenvolvidas se mantiveram após três meses. Em contrapartida, este Estudo possui a mesma limitação dos Estudos 1 e 2, onde o profissional da saúde qualifica o desempenho do paciente na realização das atividades, verificando se este era satisfatório ou não, sendo, portanto, uma avaliação subjetiva.

3.2 Estudos sobre o uso de realidade virtual para treinamento de habilidades na CRM

- **Estudo 1**

No estudo intitulado “*Simulation System of Electric-Powered Wheelchairs for Training Purposes*” (Hernandez-Ossa *et al.*, 2020) é apresentado o Simcadrom, simulador utilizado para treinamento na condução de cadeira de rodas motorizada. Há parâmetros quantitativos para verificar o desempenho dos participantes durante a condução. Os parâmetros quantitativos de desempenho de direção deste simulador são: tempo, caminho após erro e o número de comandos feito com joystick. Os autores concluíram que o Simcadrom pode ser usado para treinamento virtual e que os pacientes, no geral, melhoraram o tempo total decorrido na conclusão das tarefas propostas e reduziram o número de comandos.

Este estudo coletou as métricas de condução, via software, durante a realização do percurso. Ao final das atividades propostas, é mostrado o desempenho do voluntário. Em contrapartida, esta coleta de dados com todas as métricas acontece de forma automatizada somente no ambiente virtual e não é mostrado a variação destes parâmetros, ao responsável pela atividade, em tempo real. Quando o profissional pode acompanhar em tempo real a evolução e desempenho do usuário, este pode identificar os principais pontos fracos e habilidades que devem ser melhoradas e treinadas em sessões posteriores. Promovendo assim um treinamento de qualidade e focado nas necessidades do usuário de CRM.

- **Estudo 2**

Os autores do estudo intitulado *“The Implementation and Validation of a Virtual Environment for Training Powered Wheelchair Manoeuvres”* (John et al., 2018) pesquisaram sobre a utilização de jogos sérios para fornecer um ambiente seguro para treinamento de habilidades, com diferentes cenários e atividades. Todos os participantes fizeram um teste em uma pista de obstáculo real, tendo seu tempo medido e colisão penalizada, com acréscimo de tempo. As métricas foram coletadas por um profissional. O simulador oferecia diversas tarefas e cenários aos usuários. Entretanto, não há uma coleta do desempenho após a realização de um percurso. Sendo assim, os voluntários refizeram as tarefas iniciais após concluírem o treinamento, para verificar se houve melhora no desempenho de tempo e colisão.

E ainda, durante o percurso, o tempo gasto para realização é obtido com o uso de um cronômetro e a contabilização de colisões é feita a partir da observação do responsável, sendo, portanto, subjetivo. O ambiente virtual possibilita o treinamento. Porém, não oferece a quantificação do número de comandos ou tempo gasto para realização do que é proposto, impossibilitando a verificação de desempenho nestes cenários.

- **Estudo 3**

O estudo intitulado *“Wheelchair Training Virtual Environment for People with Physical and Cognitive Disabilities”* (Younis et al., 2019) fornece um ambiente em Realidade Virtual para treinamento em CRM, utilizando o Emotiv Epoc, que coleta sinais cerebrais, e o controle Xbox. Os ambientes de treinamento ofertados são quatro, sendo que o nível de dificuldade é crescente. Após dominar todos os níveis, é feito um teste em ambiente real. Todos puderam fazer uma sessão piloto, sem contabilização de métricas, e nas sessões seguintes eram obtidos o tempo e o número de colisões. Neste estudo, utilizou-se fórmulas para calcular a eficácia e a melhoria do desempenho dos voluntários.

Adicionalmente, há a coleta de métricas de tempo e colisão. Entretanto, nenhuma delas é feita de forma automatizada, pois faz-se uso de cronômetro e gravação para verificar estes índices. A partir destas variáveis, é calculado a eficácia e o desempenho dos voluntários na realização do percurso pré e pós treinamento em RV. Dado o fato de que estas são coletadas em ambiente virtual

e não são obtidas através de um dispositivo em ambiente real, verifica-se que há a limitação de acompanhamento, por parte do profissional de saúde, possibilitando vieses a respeito do tempo e número de colisões. Além disto, as fórmulas utilizam o número de tarefas concluídas com sucesso, porém se foi bem sucedido ou não, a execução da atividade, é de acordo com a opinião do profissional responsável.

3.3 Estudos com feedback de métricas

- **Estudo 1**

No estudo *“Immediate video feedback on ramp, wheelie, and curb wheelchair skill training for persons with spinal cord injury”* (Wang et al., 2015), é coletado o tempo gasto para realização de uma determinada atividade e, ao mesmo tempo, há a coleta de imagens. Nesta pesquisa, a cadeira de rodas é manual e utiliza-se o feedback de vídeo durante o treinamento para que, ao final da atividade, o usuário tenha uma resposta sobre seu desempenho em relação ao parâmetro avaliado e quais as melhorias devem ser feitas na próxima sessão, visando diminuí-lo.

Os resultados do estudo sugerem que o uso de feedback para o usuário, ao final das sessões, é mais eficiente que a metodologia comum. Compreende-se que ao ter um parâmetro quantitativo de comparação, o paciente tende a se desafiar, buscando reduzi-la, e, por isso, os autores utilizaram vídeos para mostrar quais erros o paciente está cometendo, corroborando para a melhoria do desempenho do mesmo. O paciente ter um feedback da sua execução das atividades, dos seus maiores erros e o que ele pode melhorar, tende a estimulá-lo. Desta forma, este estudo contribuiu positivamente para a pesquisa, visto que afirma que o feedback para o paciente possui um resultado positivo.

Estudo 2:

No estudo intitulado *“Proposal of an Augmented Reality Telerehabilitation System for Powered Wheelchair User’s Training”* (Caetano et al., 2020), os autores trazem uma arquitetura de sistema de telerreabilitação de realidade aumentada baseada no Power Mobility Road Test (PMRT) para dar suporte ao treinamento de usuários de PW.

Utilizando o sistema proposto, os terapeutas podem personalizar e avaliar remotamente as tarefas de treinamento e o usuário pode realizar o treinamento em condições mais seguras. Os usuários realizam as tarefas personalizadas, de acordo com suas necessidades, controlando a CRM em cinco estados. Durante a execução de cada protocolo de treinamento, o profissional de saúde pode monitorar em tempo real o desempenho dos participantes nas atividades propostas.

O sistema ainda conta com aquisição de métricas automatizadas de número de comandos e tempo, porém o número de colisões se baseia na observação desse profissional. Sendo assim, esta proposta é muito interessante e contribui grandemente com esta pesquisa pois o acompanhamento, em tempo real, auxilia a distinguir quais habilidades devem ser trabalhadas e desenvolvidas. E possibilita a aquisição de algumas métricas de forma automatizada, diminuindo a carga de observação do profissional responsável pelo treinamento, podendo este focar nos pontos a serem trabalhados em sessões futuras.

3.4 Análise dos Trabalhos Relacionados

Os oito trabalhos correlatos continham uma característica em comum: o treinamento para usuários de cadeira de rodas. A partir da leitura destes trabalhos, conclui-se que o treinamento auxilia na melhoria das habilidades que são relacionadas à condução da CRM, exceto no estudo 3.3.1, além de impactar positivamente na segurança, confiança e autonomia dos usuários.

Os trabalhos analisados realizaram estudos sobre treinamento de condução de CRM em dois ambientes: real e virtual. A Realidade Virtual vem se tornando um grande diferencial na execução de determinadas tarefas no âmbito da reabilitação. Porém, a utilização de ambientes reais promove ao usuário uma experiência similar ao seu cotidiano, tendo impactos positivos no seu desempenho.

Não obstante, observou-se que nos estudos em ambientes reais, que as métricas continuam sendo coletadas por uma pessoa ou com a utilização de objetos que não estão interligados a CRM, sendo suscetível a influência e não permitindo um dado final conciso e confiável, como comprovado nos estudos apresentados na Seção 3.1. Nos casos em que há a coleta de dados, via

simulador, em um ambiente virtual, as métricas não são apresentadas para o profissional de saúde em tempo real - conforme descrito nos trabalhos da Seção 3.2. Nos trabalhos relatados na Seção 3.3 é possível notar uma grande contribuição, pois há a coleta de dados numéricos, de forma automatizada, fornecendo feedback para o usuário e ao profissional responsável.

Resumidamente, a Tabela 5 apresenta um comparativo entre as principais características presentes nos trabalhos correlatos. Eles são analisados quanto à mensuração das métricas automatizada (tempo, colisões, comandos), coleta em tempo real ou não, treinamento em ambiente real, o acompanhamento destas métricas em tempo real, o controle dos nove estados da CRM e a comunicação via bluetooth, eliminando a conexão com o computador via cabo.

Tabela 5 - Comparativo dos sistemas de treinamento de CR dos trabalhos correlatos.

Trabalhos relacionados		Tu et al., 2017	Keller et al., 2019	MacGillivray et al., 2018	Hernandez-Ossa et al., 2020	John et al., 2018	Younis et al., 2019	Wang et al., 2015	Caetano et al., 2020
Coleta de métricas automatizada	Comandos	X	X	X	✓	✓	✓	X	✓
	Colisões	X	X	X	✓	✓	✓	X	X
	Tempo	X	X	X	✓	✓	✓	✓	✓
Coleta de métricas em tempo real		X	X	X	✓	✓	✓	✓	✓
Treinamento em ambiente real		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X
Atualização das métricas em tempo real		X	X	X	X	X	X	X	X
Controle em 9 estados da CRM		X	X	X	X	X	X	X	X
Comunicação via bluetooth		X	X	X	X	X	X	X	X

Fonte: Autoria própria (2020).

Assim, a análise destes trabalhos contribui para a justificativa da proposta desta pesquisa, visto que as limitações apresentadas pelos trabalhos relacionados (Tabela 5) abrem caminhos para melhorias. Os trabalhos correlatos indicam que aplicar o treinamento para usuários de CRM é benéfico e que é viável o desenvolvimento de um sistema que permita acompanhar a variação das métricas em tempo real para melhor avaliação do desempenho do usuário. E ainda, verificou-se que ainda não existe um sistema integrado a uma CRM que controle todas as 9 possíveis estados e que comunique com o computador sem necessidade de estar conectado via cabo, o que permitiria a obtenção e acompanhamento da variação em tempo real das três métricas de avaliação (tempo, colisões e comandos).

Neste contexto, a relevância desta pesquisa é ressaltada pelo fato de que profissionais de saúde necessitam de um sistema onde consigam aplicar um treinamento com maior efetividade, em um ambiente real, onde possam acompanhar a evolução constante do usuário, à medida que ele segue no percurso proposto e também ter a possibilidade salvar os dados em arquivo para posterior análise. Além disso, é de grande importância utilizar métodos de comunicação, para não ter a necessidade da CRM estar conectada ao computador durante todo o treinamento. O diferencial da proposta desta pesquisa em relação aos trabalhos correlatos é a possibilidade de obter a avaliação de métricas em um ambiente real e de forma síncrona e automatizada, com a possibilidade de comando em nove estados na CRM e utilizando uma comunicação em que não haja a necessidade do computador estar conectado, via cabo, ao dispositivo.

3.5 Conclusão

Neste capítulo, apresentamos os trabalhos correlatos, selecionados após avaliação, que continham discussões relacionadas sobre o treinamento para usuários de CRM. Com a análise destes estudos foi possível verificar os recursos utilizados para a avaliação do desempenho dos usuários e pontuar as suas limitações, as quais auxiliaram na justificativa da proposta deste trabalho. Assim, o capítulo seguinte apresenta os materiais e métodos adotados para a realização da pesquisa proposta.

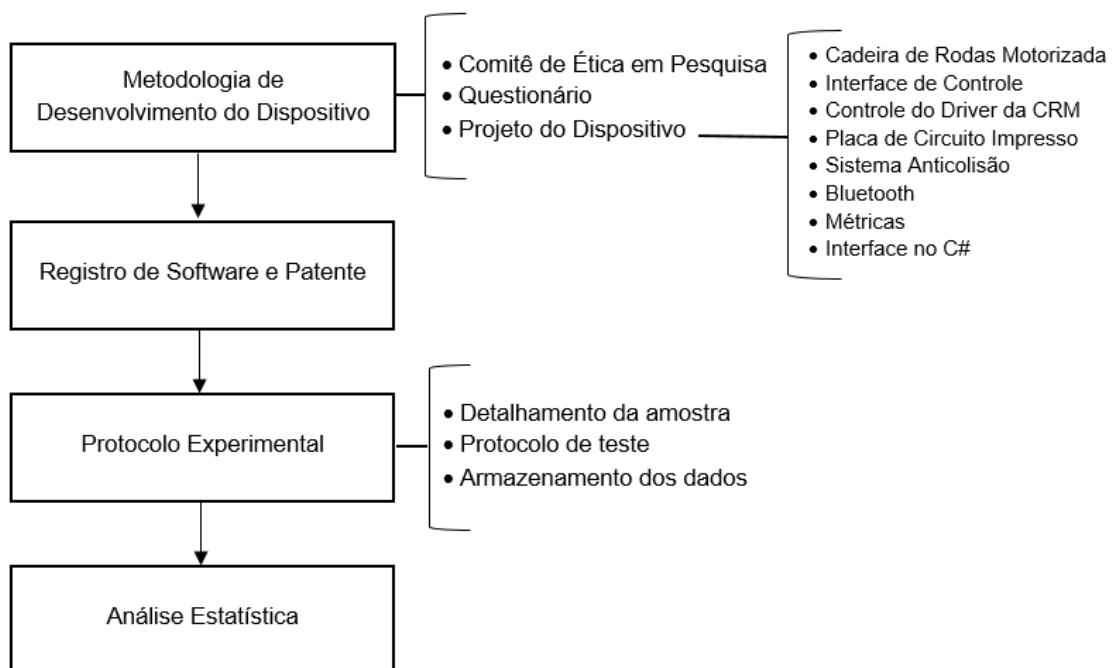
CAPÍTULO 4

MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Introdução

Neste capítulo será apresentada a metodologia utilizada no desenvolvimento do sistema proposto neste trabalho. Para esta finalidade, nas próximas seções serão detalhadas as seguintes etapas que foram executadas nesta pesquisa: a) Metodologia de Desenvolvimento do Dispositivo; b) Registro de Software e Patente; c) Protocolo Experimental; d) Análise Estatística. A Figura 14 apresenta estas etapas de desenvolvimento, bem como os respectivos subtópicos que serão detalhados neste capítulo.

Figura 14 - Etapas de desenvolvimento do sistema proposto.



Fonte: Autoria própria (2020).

4.2 Metodologia de desenvolvimento do dispositivo

O desenvolvimento do dispositivo proposto foi realizado de acordo com as etapas que serão apresentadas nos próximos tópicos.

4.2.1 Comitê de Ética em Pesquisa

O estudo foi aprovado pelo Comitê Nacional de Ética em Pesquisa, com Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) de número 86694117.4.0000.5152 (ANEXO I).

4.2.2 Questionário

Para compreender o que é importante na opinião dos usuários de cadeira de rodas motorizada, buscou-se na literatura informações sobre tipos de treinamento e como os profissionais de saúde fazem a avaliação de desempenho dos pacientes. E ainda, em busca de mais dados sobre o uso da cadeira de rodas e treinamento para utilização da tecnologia assistiva, elaborou-se um questionário no intuito de conhecer a realidade das pessoas com deficiência que utilizam cadeira de rodas motorizada (APÊNDICE I). O questionário foi dividido em três temas de investigação:

- I. **Caracterização pessoal:** investigou-se sobre questões pessoais do participante;
- II. **Caracterização quanto à deficiência:** abordou-se sobre a deficiência, sua especificidade e questões relacionadas;
- III. **Opinião sobre CRM e treinamento:** buscou-se compreender mais sobre o uso da cadeira de rodas, quais as dificuldades enfrentadas, limitações, benefícios e o impacto do treinamento para o usuário.

Este questionário foi desenvolvido na plataforma Google Forms e foi divulgado em grupos de apoio para pessoas que utilizam a cadeira de rodas. Isto foi feito por meio de diversas redes sociais, de forma a abranger diferentes regiões e idades. As respostas foram coletadas durante os meses de julho e agosto de 2019. O critério de elegibilidade para esta parte do estudo é ser usuário de cadeira de rodas motorizada. Ao todo, foram obtidas 91 respostas.

Com este questionário, foi possível compreender a opinião dos usuários de cadeira de rodas motorizada e como o treinamento (ou a falta dele) pode

impactar a vida cotidiana destas pessoas. Sendo assim, buscou-se um meio de tornar o treinamento no ambiente real mais efetivo.

4.2.3 Projeto do Sistema

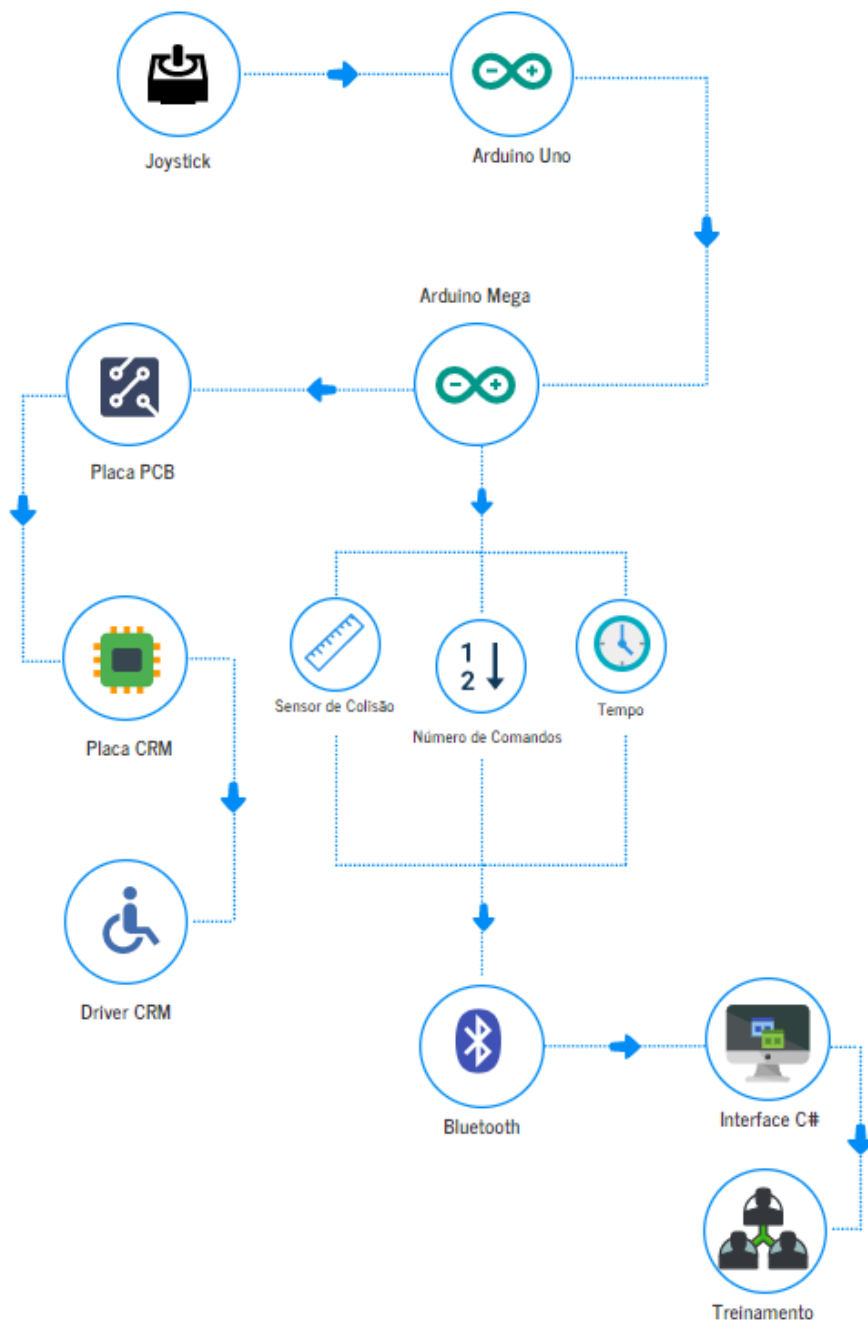
O sistema proposto é um sistema portátil composto por um dispositivo (hardware) e um software, especialmente, projetados e integrados à cadeira de rodas motorizada (CRM). O seu propósito é quantificar de maneira automática o desempenho do usuário durante a realização do seu treinamento, o qual é proposto e supervisionado por um profissional de saúde. Deste modo, três métricas de desempenho foram incluídas (Martins, 2017):

1. *Número de comandos*: variável que contabiliza a quantidade numérica de comandos dado pelo usuário para que o percurso ou tarefa seja realizada.
2. *Tempo*: variável que contabiliza a quantidade de tempo gasta, em minutos e segundos, para realizar determinada atividade ou tarefa.
3. *Número de colisões*: variável que contabiliza a quantidade numérica de colisões que o usuário cometeu durante a realização de determinada tarefa ou percurso.

Estas três métricas foram incluídas pois avaliam o tempo gasto pelo usuário para completar uma série de tarefas; o número de comandos indica o quanto foi preciso manobrar para concluir as tarefas; e o número de colisões indica quantas vezes o usuário colidiu com um obstáculo, ou seja, teve dificuldade na condução mediante uma tarefa. Estas três possibilitam uma avaliação do desempenho do usuário, pois quanto menores tais valores forem, melhor o desempenho do paciente.

Para a integração do sistema à CRM, as seguintes seções foram abordadas para a construção do projeto: joystick, controle da CRM, transmissão dos dados via Bluetooth e, por fim, a interface. Esse sistema é ilustrado na Figura 15 e detalhado na sequência.

Figura 15 - Ilustração esquemática do sistema desenvolvido.



Fonte: Autoria própria (2020).

O sistema final é o somatório de várias etapas, pois foi preciso realizar intervenções no joystick, no driver da CRM e acrescentar sistemas para garantir seu funcionamento.

Na Figura 16, é ilustrado a ligação do joystick, o qual é conectado a um micro controlador Arduino Uno, responsável pela identificação do comando dado pelo usuário, e envia sua resposta final, numérica, para o Arduino Mega.

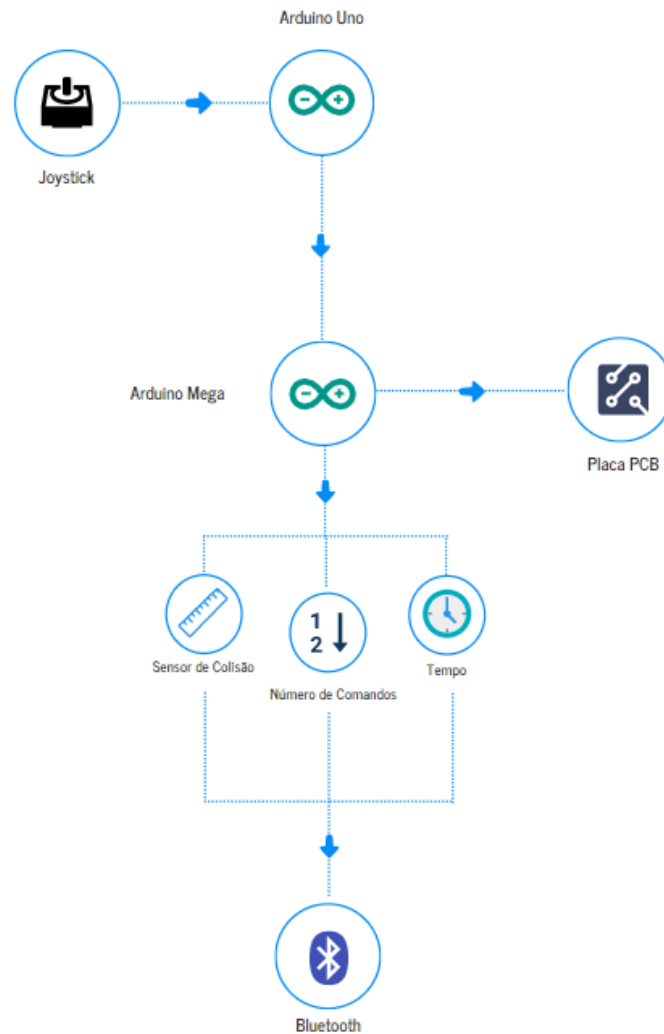
Figura 16 - Ilustração esquemática da primeira parte do sistema - Joystick.



Fonte: Autoria própria (2020).

Na Figura 17, são ilustradas as funções propostas pelo Arduino Mega. Nesta parte do dispositivo, o micro controlador, além de receber feedback direto do joystick, com o número correspondente ao comando desejado, controla a aquisição de métricas, o sistema de colisão e envia valores para a placa de circuito impresso.

Figura 17 - Ilustração esquemática da segunda parte do sistema – Arduino Mega.



Fonte: Autoria própria (2020).

Na Figura 18, é ilustrado o funcionamento da placa de circuito impresso (PCB). Em (1) temos a transmissão de valores de tensão contínua, onde a placa PCB fornece constantemente para a Placa CRM. Em (2), temos que a placa CRM transmite os valores de tensão para o driver da cadeira, mantendo os motores em funcionamento.

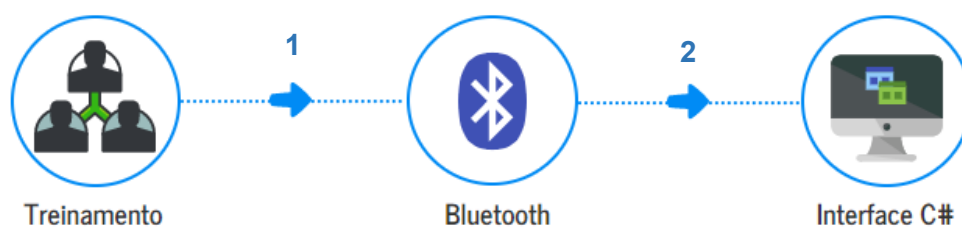
Figura 18 - Ilustração esquemática da terceira parte do sistema – Controle Driver.



Fonte: Autoria própria (2020).

A Figura 19 apresenta o método de comunicação Bluetooth. Em (1), temos que durante o treinamento, dados são enviados para o Bluetooth. Em seguida (2), estes dados são transmitidos para a interface, que apresenta o que está sendo coletado, durante o treinamento, em tempo real.

Figura 19 - Ilustração esquemática da comunicação com a interface do sistema.



Fonte: Autoria própria (2020).

Cadeira de Rodas Motorizada

A CRM utilizada neste trabalho é da marca Freedom, modelo Lumina 13 (Freedom, 2020). O Núcleo de Tecnologia Assistiva (NTA-UFU) foi o local onde esta pesquisa se desenvolveu. O mesmo possui parcerias e colaboradores localizados em outras Universidades, e todos estes, por terem pesquisas e

projetos em conjunto, utilizam o mesmo modelo de cadeira de rodas motorizada. Esta é a razão pela qual este modelo foi o escolhido para a pesquisa. A CRM possui duas baterias seladas, de 12 volts cada e com capacidade de 45 Ah, possuindo autonomia para se movimentar a 7 km/h, percorrendo 30 km de forma intermitente (Freedom, 2016). A Figura 20 mostra a CRM utilizada.

Figura 20 - Cadeira de Rodas Motorizada Freedom Lumina 13.



Fonte: Autoria própria (2020).

Interface de Controle

A forma de controle utilizada se manteve a mesma do modelo de fábrica, utilizando joystick e drive. Desta forma, foi necessário estudar o funcionamento deste controle, que apesar de comum, possui particularidades que variam de acordo com a marca da CRM. Sendo assim, a primeira etapa do sistema consiste em entender o funcionamento do joystick. Na Figura 21, pode-se visualizar uma imagem do Joystick original da cadeira.

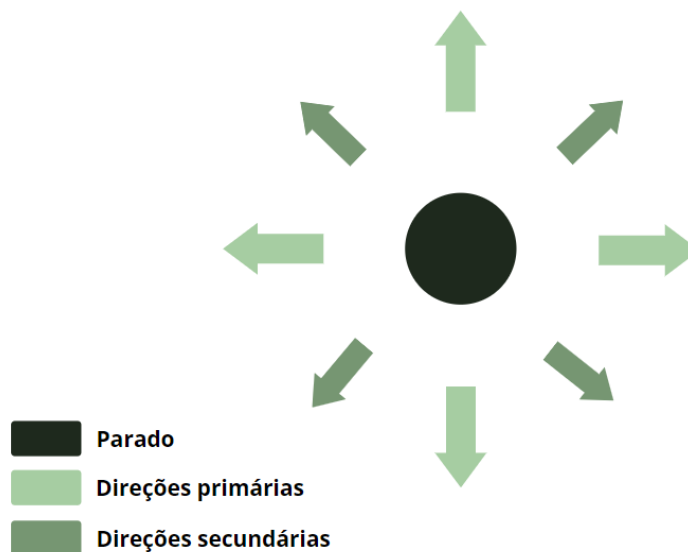
Figura 21 - Joystick Freedom.



Fonte: Autoria própria (2020).

O modelo de CRM utilizado se difere de muitos encontrados no mercado, pois, a maioria utiliza apenas cinco comandos principais: parado, parado, frente, trás, direita e esquerda. Já este modelo possui, além dos cinco comandos principais, outros quatro adicionais: diagonal superior direita (D1), diagonal inferior direita (D2), diagonal inferior esquerda (D3) e diagonal superior esquerda (D4), totalizando, portanto, nove comandos. A Figura 22 apresenta todas as estados possíveis.

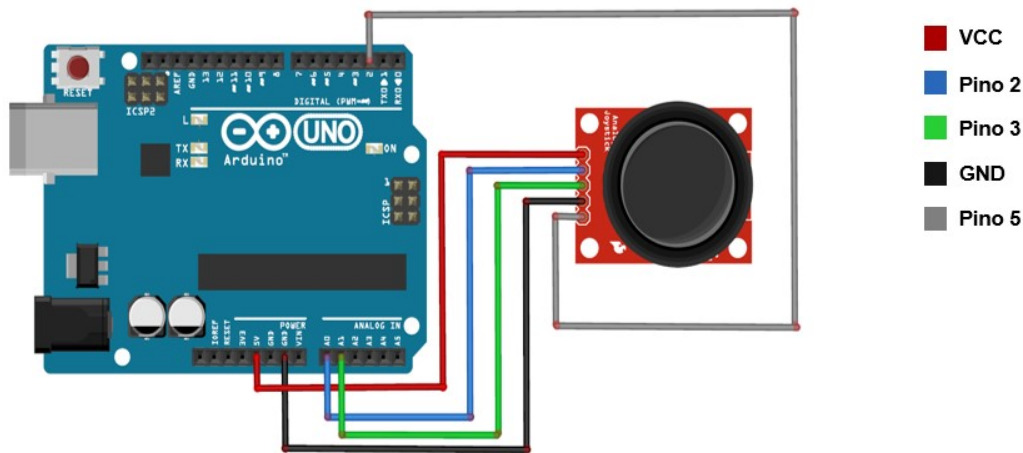
Figura 22 - Esquema dos estados primários e secundários do Joystick Freedom.



Fonte: Autoria própria (2020).

Cada um desses estados está associado a um vetor (par de coordenadas x e y), que garantem a correta leitura do comando que o usuário deseja. Em um primeiro momento, foi necessário desenvolver um código para realizar a leitura analógica dos eixos x e y, emitido pelo Joystick Freedom, de forma a identificar o par ordenado correspondendo ao vetor de cada direção. Os sinais estão contidos nos pinos 2 e 3, sendo eixo X e eixo Y, respectivamente. O pino 5, referente ao eixo Z, emite um valor digital constante, de 2.5V. A Figura 23 mostra como foi feita a ligação dos pinos do joystick com o Arduino.

Figura 23 - Esquema de ligação do Joystick com o Arduino Uno.



Fonte: Autoria própria (2020).

Ao identificar os valores analógicos de x e y para cada direção, foi então possível desenvolver um código, onde estas posições seriam lidas repetidamente e submetidas a um teste lógico com duas condições, para cada eixo de coordenada. Isto totaliza nove possibilidades, promovendo a realização de uma ação específica. Na Tabela 6, pode-se verificar quais os valores analógicos de x e y devem ser obedecidos simultaneamente, para representar cada direção.

Tabela 6 - Condições de valores analógicos de x e y para os nove estados da CRM.

Direção	Condição para x	Condição para y
Parado	$480 \leq x \leq 560$	$470 \leq y \leq 530$
Frente	$500 \leq x \leq 580$	$590 \leq y \leq 765$
Trás	$470 \leq x \leq 552$	$265 \leq y \leq 430$
Direita	$244 \leq x \leq 468$	$500 \leq y \leq 580$
Esquerda	$600 \leq x \leq 700$	$470 \leq y \leq 570$
Diagonal Superior Direita (D1)	$460 \leq x \leq 480$	$595 \leq y \leq 690$
Diagonal Inferior Direita (D2)	$460 \leq x \leq 488$	$390 \leq y \leq 440$
Diagonal Inferior Esquerda (D3)	$710 \leq x \leq 750$	$400 \leq y \leq 420$
Diagonal Superior Esquerda (D4)	$650 \leq x \leq 700$	$580 \leq y \leq 650$

Fonte: Autoria própria (2020).

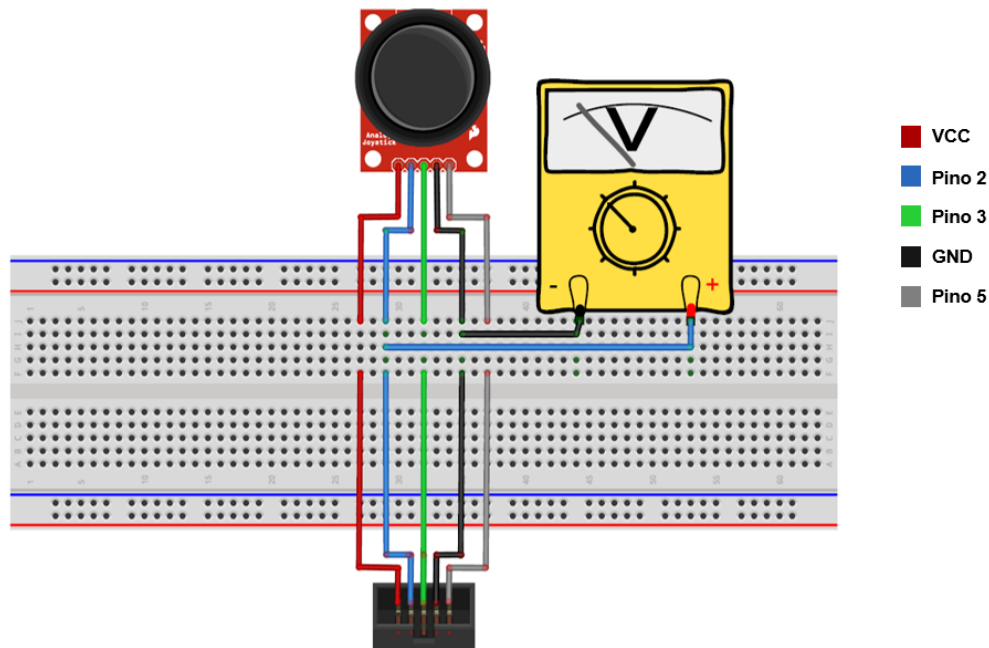
Controle do Driver da Cadeira de Rodas Motorizada

O driver da cadeira refere-se ao circuito responsável por realizar a amplificação dos sinais digitais e analógicos e realizar a polarização dos transistores, de modo a acionar os motores com uma velocidade definida e um sentido específico (Ivo, 2016). É necessário compreender o acionamento dos motores para que seja possível simular o envio de tensões, como acontece quando o joystick está ligado diretamente ao driver. O joystick se comunica com o drive através de cinco pinos, que são:

- Pino 1: VCC;
- Pino 2: Sinal;
- Pino 3: Sinal;
- Pino 4: Terra;
- Pino 5: Constante.

Para compreender qual valor de tensão era enviado por cada pino, foi feita uma ligação paralela e diversos testes. A ligação feita, inicialmente, está esquematizada na Figura 24.

Figura 24 - Ligação feita com voltímetro para medir as tensões nos pinos.



Fonte: Autoria própria (2020).

Nestes testes, a CRM foi elevada de maneira a permitir o giro de suas rodas, enquanto a mesma se mantinha em repouso. Com a ligação da Figura 24 realizada, movimentou-se o joystick em todas os nove estados possíveis e, simultaneamente, mediu-se os valores das respectivas tensões com o voltímetro conforme ilustrado, Na Tabela 7. Este procedimento permitiu mapear todas as tensões necessárias para movimentar a CRM nas várias direções possíveis.

Tabela 7 - Tensões para acionamento e controle da CRM Freedom.

Pino	Parado	Frente	Trás	Direita	Esquerda	Diagonal 1	Diagonal 2	Diagonal 3	Diagonal 4
1	5V	5V	5V	5V	5V	5V	5V	5V	5V
2	2.4V	2.8V	1.7V	2.4V	2.4V	2.8V	1.6V	1.6V	2.8V
3	2.4V	2.4V	2.4V	1.7V	2.8V	1.9V	1.9V	3.2V	3.2V
4	0V	0V	0V	0V	0V	0V	0V	0V	0V
5	2.4V	2.4V	2.4V	2.4V	2.4V	2.4V	2.4V	2.4V	2.4V

Os pinos de alimentação 1 e 4, se mantem em 5 volts e 0 volts, respectivamente. Quando o movimento é para frente ou para trás, percebe-se uma alteração somente no pino 2. Para frente, o valor de tensão é maior, em 2.8V e quando deseja-se ir para trás, este valor é menor em 1.7V. Quando a intenção é virar, seja para direita ou para a esquerda, a mudança de tensão ocorre no pino 3. Nota-se que para a direita, o valor da tensão no pino diminui para 1.7V e para a esquerda, este valor salta para 2.8V. Nas direções secundárias, ou seja, as diagonais, vê-se que ambos os pinos sofrem alteração.

Para movimento na diagonal superior direita, o valor de tensão no pino 2 aumenta, para 2.8V, e no pino 3 diminui, para 1.9V. Para a diagonal inferior direita, ambos os pinos têm sua tensão reduzida, para 1.6V e 1.9V, respectivamente. Na diagonal inferior esquerda, a tensão do pino 2 é reduzida, para 1.6V e a tensão no pino 3 aumenta para 3.2V. Por fim, o movimento na diagonal superior esquerda faz com que a tensão em ambos os pinos aumente, sendo 2.8V e 3.2V, respectivamente.

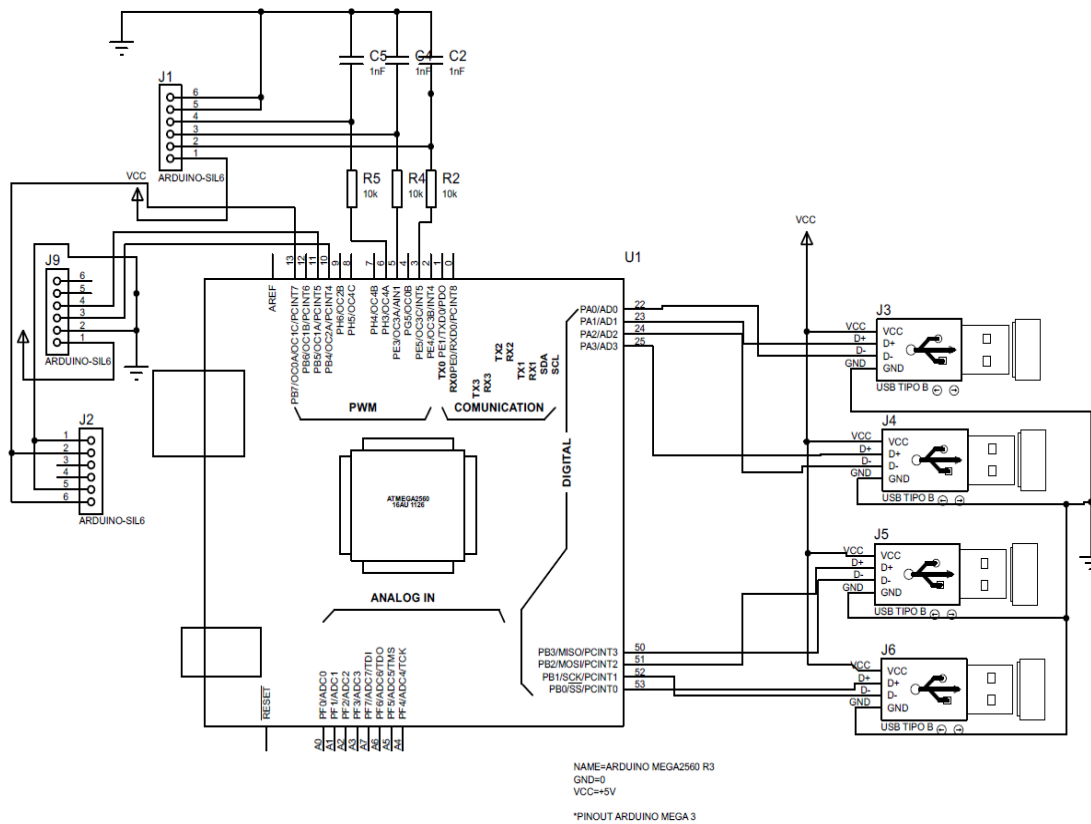
Placa de Circuito Impresso

Para controlar a CRM, um código no Arduino foi construído, utilizando as portas PWM. O PWM, conhecido por *Pulse Width Modulation* (modulação por largura de pulso), que é uma técnica utilizada para permitir o controle da energia fornecida a equipamentos elétricos (Pinto, 2016). Neste dispositivo, é gerada uma tensão constante para cada comando, possibilitando o movimento da CRM. No Arduino, utilizando a função *analogWrite()*, pode-se definir qual pino estará emitindo o sinal gerado e também qual o valor deste sinal, que varia na escala analógica do micro controlador, de 0 a 255, onde 0 corresponde a 0V e 255 corresponde a 5V. Neste projeto, o micro controlador utilizado foi o Arduino Mega 2560 (ARDUINO, 2020).

Em seguida, um filtro passa baixa é acoplado (Onuki, 2005), pois tem como função tornar a corrente mais contínua possível. Isto ocorre devido ao fato do PWM do Arduino possuir um efeito de variação de tensão ao longo do tempo e, por outro lado, a tensão necessária para acionamento do sistema, é contínua, sem variação de voltagem (Borges, 2016). Desta forma, para corrigir este efeito, utiliza-se um filtro passa baixa.

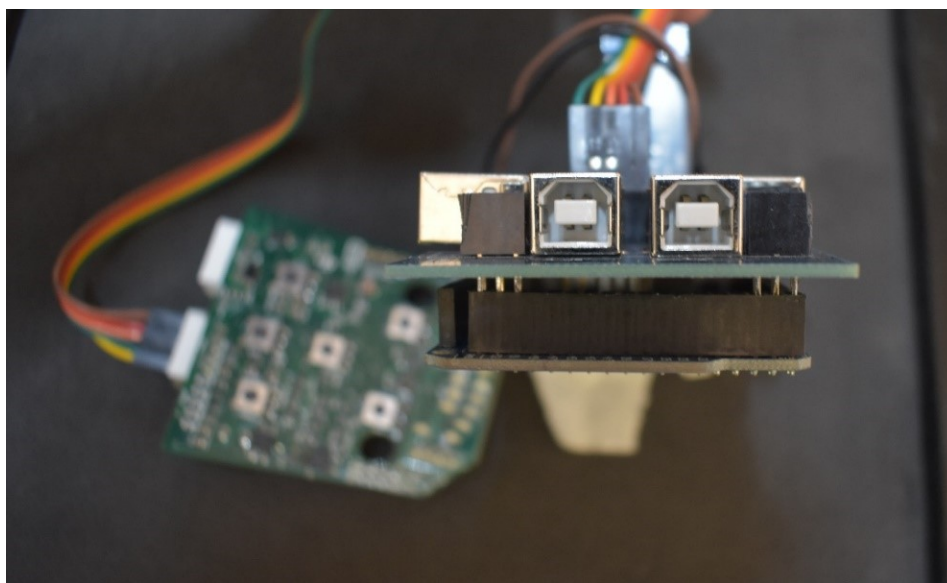
O filtro passa baixa é composto por um resistor e um capacitor, sendo que, neste trabalho, o valor destes componentes é de 10K e 1uF. Existem três filtros, uma vez que são três saídas PWM, para os pinos 2, 3 e 5. O sinal PWM emitido pelo Arduino Mega passa pelo filtro, que tem como função manter o valor da tensão constante durante a execução do que é proposto. Diante disto, uma placa de circuito impresso foi confeccionada. A Figura 25 representa o esquema da PCB com o filtro acoplado, utilizando o Protheus. A Figura 26 apresenta a placa acoplada ao Arduino Mega.

Figura 25 – Esquema elétrico da PCB no Protheus.



Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 26- Placa de circuito impresso acoplada ao Arduino Mega.



Fonte: Autoria própria (2020).

Sistema Anticolisão

É comum ocorrer colisões quando se dirige ou manobra algo. Esta condição pode levar à acidentes sérios ou grandes danos. De modo a evitar situações como essa, um sistema anticolisão foi desenvolvido, composto por sensores ultrassônicos HC-RS 04 e buzzer (FilipeFlop, 2020).

O sensor ultrassônico HC-RS 04 é capaz de medir distâncias curtas e longas, tendo seu alcance variando entre 2cm até 4m (FilipeFlop, 2020). Ele é composto por: um transmissor ultrassônico, responsável por emitir as ondas; um receptor, que identifica o eco do sinal; e um circuito de controle, que faz o cálculo do tempo entre a emissão e a recepção do sinal. Assim, esse sensor funciona baseado no princípio de reflexo e eco, ou seja, ele emite uma onda sonora de alta frequência que ao tocar num objeto é refletida (eco), possibilitando o cálculo da distância deste objeto ao sensor, dado que a velocidade de propagação da onda de ultrassom é constante e conhecida como 340 m/s (Educa Mais Brasil, 2020; FilipeFlop, 2020).

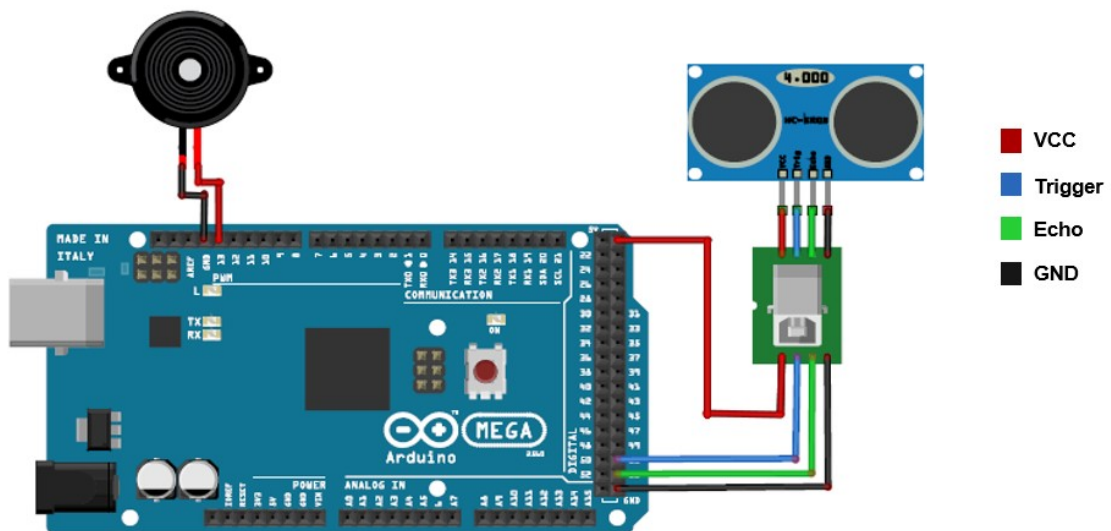
O buzzer é um componente que emite um sinal sonoro a partir da recepção de uma tensão em seus terminais. Possui uma célula piezoelétrica

dentro do componente que, ao ter uma tensão aplicada nos terminais, iniciará uma vibração, que produz um som (Abe *et al.*, 1990).

Para este estudo, o buzzer é ativado sempre que um obstáculo é detectado a 50 cm de distância ou valores menores que 50 cm. Este valor foi escolhido após testes com tempo de resposta do sensor e da CRM, pois com este valor, o sensor sonoro é ligado e assim, o usuário consegue decidir se deseja parar ou continuar rumo ao obstáculo.

O sensor ultrassônico é ligado à placa de circuito impresso por um conector USB tipo B fêmea, como representado na Figura 27, que tem o sensor conectado ao conector e em seguida, à placa. O buzzer está ligado diretamente ao Arduino Mega. A Figura 27 mostra o diagrama esquemático do circuito utilizado.

Figura 27 - Ligação entre Arduino, sensor ultrassônico e buzzer.



Fonte: Autoria própria (2020).

Na CRM foram acoplados 4 sensores ultrassônicos, dois na frente, logo abaixo dos descansos de pés, e dois atrás, acoplados do lado interno das rodas traseiras. A Figura 28, apresenta o posicionamento dos sensores.

Figura 28 - Sensor ultrassônico posicionado na parte traseira da CRM.



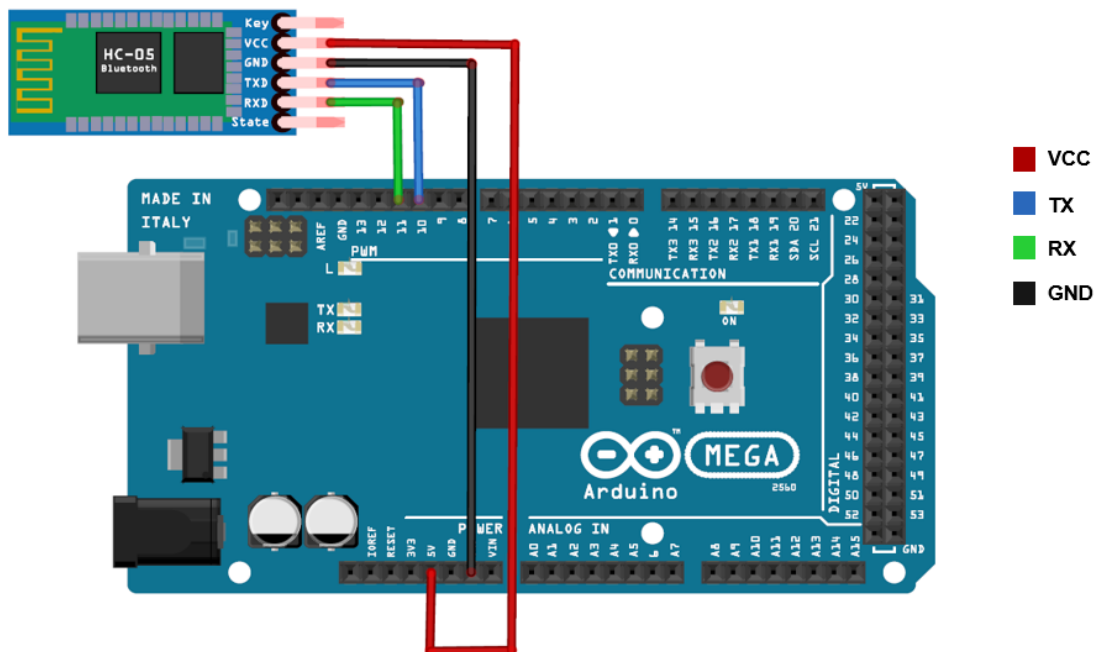
Fonte: Autoria própria (2020).

Bluetooth

O módulo Bluetooth utilizado neste projeto é o HC-05. Este componente tem a possibilidade de enviar e receber dados, via comunicação sem fio, permitindo a troca de informações entre sistemas. O alcance do sinal está em torno de 10 metros, ou seja, esta é a distância que o módulo pode estar do computador a que está conectado (Sairam *et al.*, 2002).

Este módulo pode ser alimentado com tensão entre 3.3V e 5V e possui quatro pinos principais, sendo dois para alimentação do sistema (VCC e GND), dois para transmissão e recepção dos dados (TX e RX). Os demais pinos, State e Key não são utilizados. A Figura 29 mostra uma representação da ligação do módulo com o Arduino Mega.

Figura 29 - Ligação do módulo HC-05 com Arduino Mega.



Fonte: Autoria própria (2020).

Métricas

O sistema tem como objetivo quantificar três métricas principais: número de comandos, número de colisões e tempo (Hernandez-Ossa *et al.*, 2020; John *et al.*, 2018; Younis *et al.*, 2019):

- Número de comandos: Devido a condição imposta no código do joystick, o comando dado é armazenado em comando atual e se torna o último comando. Sendo assim, foi comparado o último comando com comando atual em todo o tempo. Apenas quando estes são diferentes, o comando é contabilizado, impedindo a contagem incorreta deste valor. Daí, quando o Arduino Mega recebe o valor transmitido, a variável denominada **numerodeComandos** é incrementada.

- Número de colisões: O sensor ultrassônico é responsável por quantificar a distância dos objetos e quando esta distância é menor que 10 centímetros, na variável **numerodeColisoes** é adicionado mais "1". Este valor foi escolhido depois de testes realizados e analisado o tempo de resposta do sensor

ultrassônico e da CRM. Há uma condição de verificação para contabilizar a colisão, isto é, verifica-se se é o mesmo sensor que está a menos de 10 centímetros do obstáculo e se a colisão foi contabilizada. Caso positivo, não acrescenta no numerodeColisoes. Caso negativo, acrescenta-se mais um, de forma a garantir que não haja uma contagem incorreta de colisões.

- Tempo: Para contabilizar o tempo, foi utilizada a função *millis()*, proveniente do Arduino. Ela retorna o número de milissegundos passados desde o início da execução do programa.

Assim, são utilizados dois Arduinos neste sistema: o Arduino Uno que é responsável pelo joystick e processamento dos comandos dados pelo usuário, e o Arduino Mega que é responsável pela contabilização das métricas, comunicação via Bluetooth, comando do driver da CRM e acionamento do sistema anticolisão. Portanto, as métricas de desempenho do usuário encontram-se no código desenvolvido e executado pelo Arduino Mega.

Interface no C#

A interface deste trabalho foi desenvolvida em C#, utilizando a plataforma Visual Studio 2019. C# é uma linguagem orientada a objetos, isto é, uma forma de análise e programação de softwares, que se baseia na interação entre diversas unidades, que são denominadas objetos (Leite, 2016). A Figura 30 apresenta a interface de início, composta por duas opções: Iniciar e Instruções.

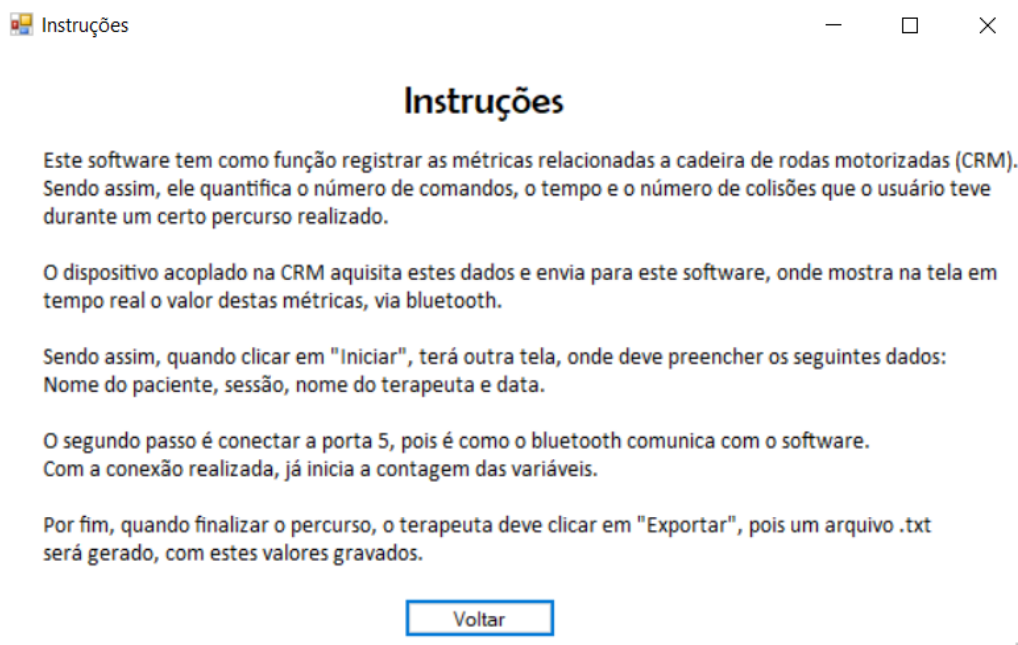
Figura 30 - Tela inicial do software.



Fonte: Autoria própria (2020).

Ao selecionar a opção *Instruções*, abre-se uma nova tela, com orientações sobre o funcionamento do software, como conectá-lo com o dispositivo, dentre outras informações fundamentais. Na Figura 31, é possível visualizar estas referências.

Figura 31 - Tela de instruções do software.



Fonte: Autoria própria (2020).

Ao selecionar a opção *Iniciar*, tem-se outra tela, onde pode-se observar a contagem das métricas de comandos, tempo e colisões em tempo real, além de poder adicionar as seguintes informações: nome do paciente, nome do terapeuta, número de sessão e a data (Figura 32). A pessoa que está utilizando o software deve selecionar a porta de conexão, pois esta pode variar de acordo com o computador que está utilizando e deve clicar em conectar logo em seguida. Esta porta é a conexão com o módulo Bluetooth, que faz parte do hardware desenvolvido. No momento em que o Bluetooth é conectado com o computador, a porta onde tráfegará os dados estará indicada.

Figura 32 - Tela de coleta de métricas do software.

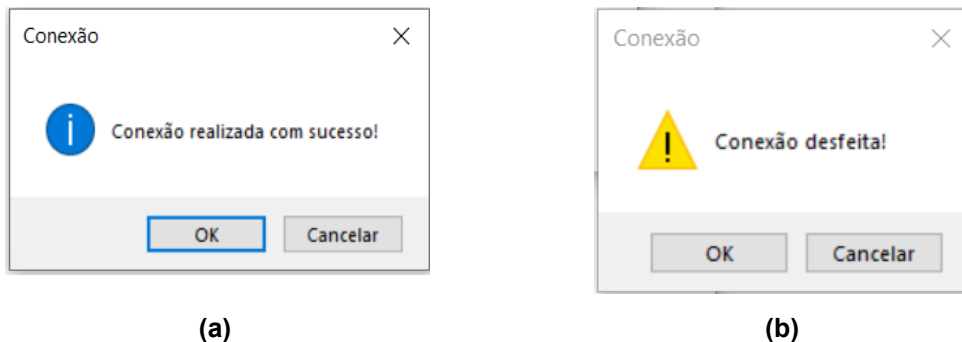


Fonte: Autoria própria (2020).

Existem três opções para o usuário, que são: Iniciar, Reiniciar e Exportar Dados. Ao clicar em Reiniciar, em qualquer momento, é enviado o comando de Parar para a cadeira e todas as variáveis retornam para zero.

Ao iniciar o sistema, o profissional de saúde deve conectar o computador ao módulo Bluetooth HC-05. Isto é, realizar o pareamento entre esses dois sistemas. Assim, deverá selecionar a porta de comunicação (COM) a ser utilizada pelo software IMBOX, para realizar o tráfego de dados entre o computador o dispositivo localizado na CRM. Na Figura 33.a, vê-se a mensagem mostrada ao realizar a conexão. Caso a conexão seja perdida é mostrada a mensagem como mostra a figura 33.b

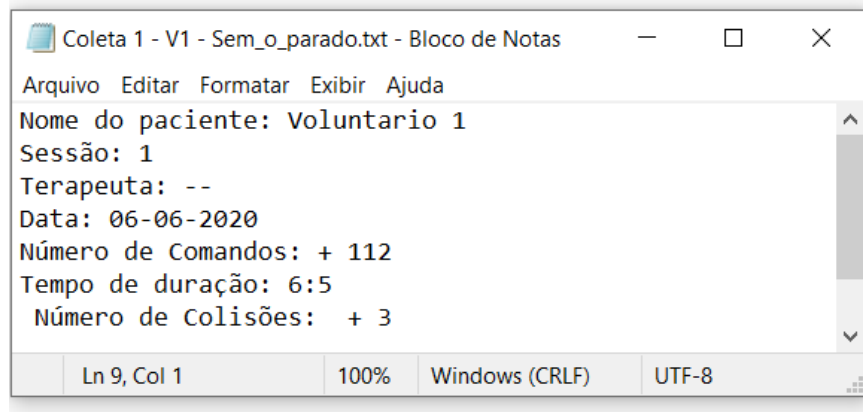
Figura 33 - Mensagem do sistema: a) Conexão realizada; b) Conexão desfeita.



Fonte: Autoria própria (2020).

A Figura 34 mostra um exemplo do armazenamento dos dados de um teste, onde é possível visualizar o valor das métricas num dado instante. Estes valores vão se modificando até o momento em que o profissional deseja salvá-los. Deste modo, quando a sessão de treinamento estiver finalizada, o terapeuta tem a opção de Exportar Dados, a partir da qual um arquivo .txt é gerado com as informações que estão na tela (Figura 34)

Figura 34 - Dados salvos em arquivo .txt.



Fonte: Autoria própria (2020).

4.3 Registro de Software e Patente

A propriedade intelectual sobre o equipamento desenvolvido foi requerida junto ao Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI), por meio do pedido de depósito de patente número BR 10 2020 007490 3 (ANEXO II). Assim como o software foi registrado no INPI com a denominação IMBOX e o número BR 51 2020 000438 5 (ANEXO III).

4.4 Protocolo Experimental

Para validar o sistema desenvolvido, foram realizados testes com voluntários de acordo com um protocolo específico. Essas etapas são detalhadas nos tópicos a seguir.

4.4.1 Detalhamento da amostra

Considerando que o objetivo primordial da coleta de dados é demonstrar que o sistema cumpre com seu propósito, de prova de conceito. Deste modo,

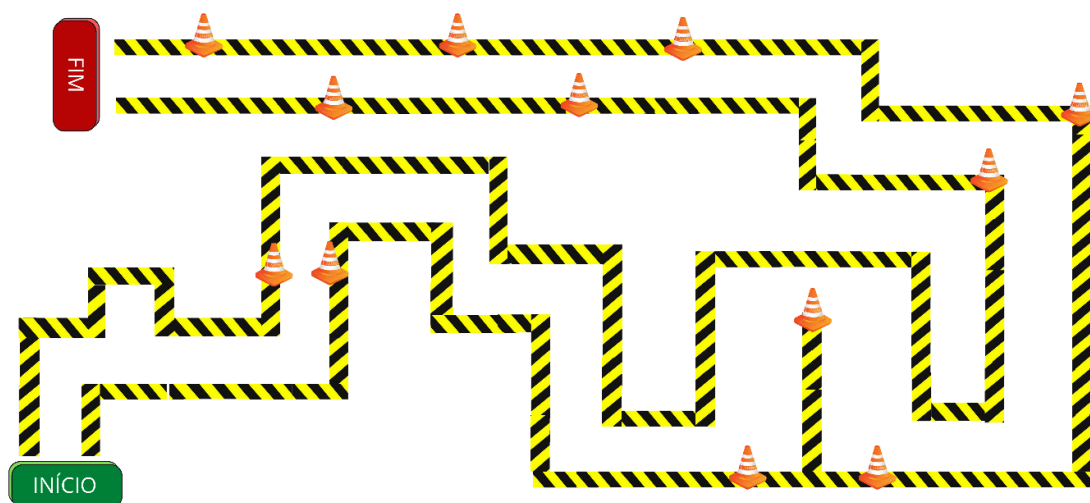
participaram deste estudo apenas dois voluntários, sem deficiência, ou seja, voluntários hígidos. Os critérios de inclusão foram: ser maior de 18 anos e não possuir nenhuma deficiência. Ambos os voluntários concordaram com o procedimento e assinaram o Termo de Consentimento (ANEXO IV).

4.4.2 Protocolo de teste

Inicialmente, foi realizado um estudo sobre processos e protocolos utilizados por profissionais da saúde que trabalham com treinamento em cadeiras de rodas motorizada (Archambault *et al.*, 2018; Lange, Grieb, 2015; Tu *et al.*, 2017). Todos os estudos em uma CRM real utilizam tarefas discretas, ou seja, pequenas tarefas com apenas um objetivo, como por exemplo ir para a frente ou virar para um dos lados. Não se encontrou, portanto, um protocolo longo com várias atividades conectadas. Em estudos utilizando a Realidade Virtual, foram encontrados alguns percursos, baseados em protocolos de tarefas discretas, onde o usuário é submetido a um número maior de atividades realizadas em sequência.

Para este trabalho, a referência utilizada foi o Power Mobility Road Test (Jenkins, Vogtle, Yuen, 2015; Kamaraj *et al.*, 2016), que consiste em 16 tarefas, como mostra o Anexo V. Este protocolo foi adaptado, sendo que uma tarefa era ligada à outra, possibilitando então um percurso, com atividades seguidas e sem pausa. Na Figura 35, pode-se visualizar um desenho de como este percurso foi desenvolvido.

Figura 35 - Percurso adaptado pelos autores baseado no PMRT



Fonte: Autoria própria (2020).

Para montagem do percurso, foi utilizado o Centro Esportivo, localizado no Campus Santa Mônica, na Universidade Federal de Uberlândia. O espaço foi higienizado e o trajeto a ser percorrido pela CRM foi delimitado por fitas adesivas de demarcação de solo zebra amarela e preta. Além disso, foram utilizados diversos cones, de tamanho e base variados, de forma a representar obstáculos ou diminuir o espaço para passagem, seguindo o protocolo, como podemos visualizar na Figura 36.

Figura 36 - Percurso adaptado do PMRT real.



Fonte: Autoria própria (2020).

Para a realização do teste, o protocolo específico para avaliação do desempenho de usuário foi realizado de acordo com os seguintes passos:

1. Carregar a bateria da CRM por 6h antes do início dos testes;
2. Calibrar os pneus nas pressões adequadas, indicadas no manual do fabricante;
3. Preparar o dispositivo e o software para a coleta;
4. Posicionar o paciente sentando, confortavelmente, na CRM;
5. Explicar as atividades sob as quais ele será submetido e o funcionamento da cadeira de rodas;
6. Possibilitar o movimento livre por 3 minutos, de forma que ele conheça os nove estados de movimento possíveis para a CRM;
7. Posicionar a cadeira de rodas no início do percurso e liga-la;
8. Abrir o software, selecionar a porta de comunicação a ser usada pela conexão Bluetooth e preencher os dados do usuário;
9. Reiniciar todas as variáveis, de forma a eliminar qualquer dado residual eventualmente presente na via de comunicação;
10. Iniciar a coleta de dados no software;
11. Acompanhar a coleta em tempo real;
12. Ao finalizar o percurso, exportar os dados para o HD do computador e finalizar a coleta;
13. Realizar um total de 5 sessões de testes, sendo em dias diferentes e quando realizadas seguidamente, com descanso de 5 minutos entre elas (Caro *et al.*, 2019).

4.4.3 Armazenamento dos dados

Após a coleta, os dados foram armazenados em um arquivo no formato .txt, o qual era composto pelo nome do paciente, nome do terapeuta, número da sessão e data, além dos dados relacionados as métricas do percurso, que são os números de comandos, tempo e número de colisões. Os dados foram exportados para o software Excel, possibilitando uma análise posterior.

4.5 Análise Estatística

Para realizar a análise dos resultados, utilizou-se a ferramenta Microsoft Excel para tabulação dos resultados obtidos em números e texto. Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva, que é a etapa inicial da análise utilizada para descrever e resumir os dados (Guedes *et al.*, 2005). Além disso, usando a linguagem de programação Python, foi feita uma nuvem de palavras para melhor análise das respostas em texto. Nesta nuvem, é possível visualizar a frequência e as palavras mais utilizadas pelos participantes do questionário.

4.6 Conclusão

Este capítulo teve como objetivo detalhar o desenvolvimento do sistema, sendo integrado pelo dispositivo e software. Aqui foram apresentadas todas as etapas necessárias para sua concepção, teste, integração de hardware e software, e proteção da propriedade intelectual. Apresentou-se também o protocolo de coleta de dados, composto por várias etapas, para garantir que os dados sejam coletados corretamente. No próximo capítulo, serão apresentados os resultados obtidos nos testes realizados e, também, a discussão sobre os dados coletados e o desempenho do sistema desenvolvido.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Introdução

No capítulo anterior, foi apresentada a metodologia utilizada para o desenvolvimento do sistema, composto por um dispositivo portátil e do software integrado à ele, capaz de registrar métricas de desempenho do usuário durante o treinamento de condução de uma CRM. Este sistema realiza a coleta de três parâmetros quantitativos (tempo, quantidade de colisões e quantidade de comandos), durante uma sessão de treinamento, com conexão via *Bluetooth* e possibilidade de registro dos nove estados de movimento que a CRM pode realizar. E também, foi apresentado o protocolo de testes utilizado para a avaliação do sistema.

Neste capítulo, serão apresentados e discutidos os resultados dos testes experimentais realizados com o sistema desenvolvido.

5.2 Resultados

Esta seção divide-se em duas partes: a) Respostas do questionário aplicado no início da pesquisa; b) Resultados dos testes experimentais com o sistema desenvolvido para avaliação do desempenho do usuário no treinamento com CRM.

5.2.1 Respostas do Questionário

Conforme descrito no Capítulo 4, o questionário (Apêndice I) foi elaborado com o intuito de **conhecer a opinião dos usuários** de CRM, com questões relativas ao tempo de uso desse equipamento, tipo de deficiência e há quanto tempo a possui, idade, experiência com treinamentos na condução da CRM e limitações encontradas durante a execução de atividades cotidianas. O questionário foi divulgado em mídias sociais e foi respondido por 91 voluntários que utilizam ou já utilizaram uma CRM.

De acordo com as respostas obtidas, a faixa etária dos voluntários abrange idades que variam entre 10 e 19 anos até 50 anos acima. A Tabela 8 apresenta a quantidade de voluntários em cada faixa etária. É possível verificar que as faixas etárias entre 30 e 39 anos e entre 40 e 49 anos concentrou 58,3% dos voluntários.

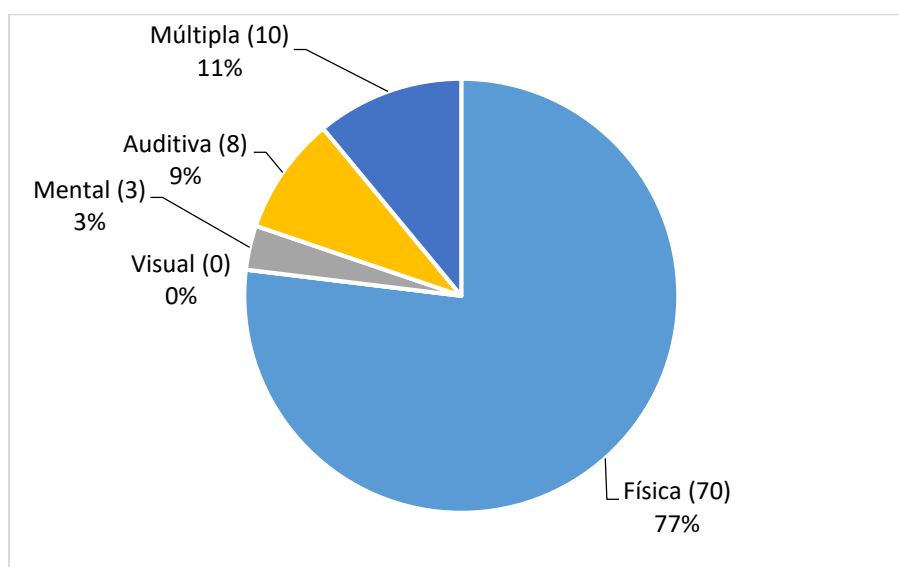
Tabela 8 - Faixas etárias dos participantes

<i>Faixa Etária</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Porcentagem</i>
Entre 10 e 19 anos	7	7,7%
Entre 20 e 29 anos	17	18,7%
Entre 30 e 39 anos	27	29,7%
Entre 40 e 49 anos	26	28,6%
50 anos acima	14	15,3%
Total	91	100%

Fonte: Dados do autor (2019).

Segundo o Estatuto da Pessoa com Deficiência (Brasil, 2015), a deficiência pode ser classificada em cinco grupos principais: física, visual, auditiva, mental e múltipla. Assim, de acordo com as respostas do questionário, a Figura 37 mostra qual tipo de deficiência que os voluntários respondentes possuem.

Figura 37 - Tipos de deficiência dos participantes do questionário.



Fonte: Dados do autor (2019).

E também, com as respostas do questionário, buscou-se conhecer sobre a experiência do participante com a CRM. A Tabela 9 apresenta há quanto tempo os voluntários fazem uso da cadeira de rodas. É possível verificar que 41,8% dos voluntários já utilizam a CRM entre 6 e 10 anos.

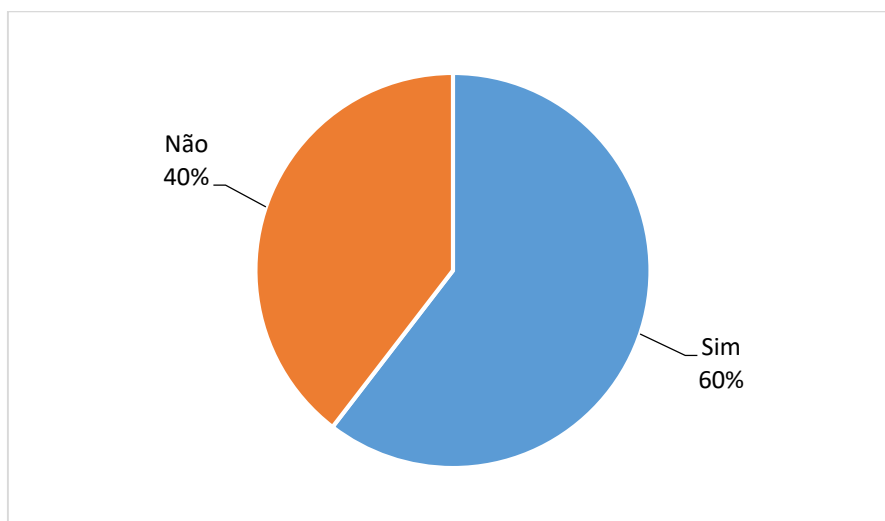
Tabela 9 - Tempo de uso da cadeira de rodas.

<i>Tempo</i>	<i>Quantidade</i>	<i>Porcentagem</i>
1 a 5 anos	19	20,8%
6 a 10 anos	38	41,8%
11 a 15 anos	25	27,5%
16 a 20 anos	3	3,4%
21 a 25 anos	6	6,5%
Mais de 25 anos	0	0%
Total	91	100%

Fonte: Dados do autor (2019).

Além disso, os participantes foram questionados a respeito da dificuldade de locomoção com a CRM. A Figura 38 mostra que a maioria dos voluntários afirmaram ter dificuldades para conduzir a CRM.

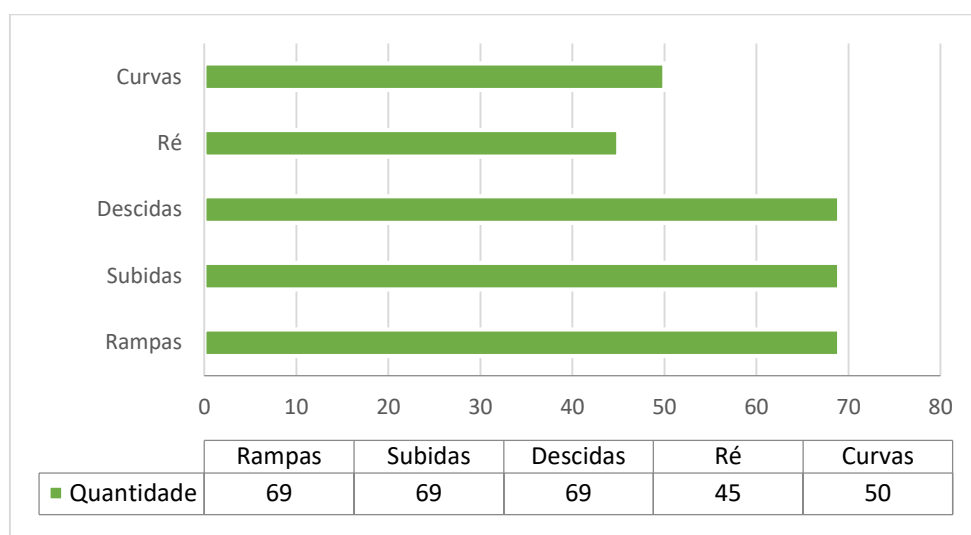
Figura 38 - Dificuldade de locomoção da CRM.



Fonte: Dados do autor (2019).

E dentro desta temática, os voluntários foram questionados em quais atividades eles possuem dificuldades para conduzir a CRM, se houve treinamento para iniciar o uso da CRM e quais os benefícios que um treinamento poderia impactar na vida de um usuário iniciante de CRM. Cerca de 60% dos voluntários informaram ter dificuldade para conduzir a CRM e atribuem esse fato à falta de treinamento prévio ao uso do equipamento. Dentre os participantes que relataram dificuldade de condução, 77% afirmaram que não tiveram nenhum auxílio ou explicação prévia sobre como manusear e conduzir a cadeira, o que contribuiu para tais dificuldades. A Figura 39 apresenta as dificuldades na condução relatadas pelos participantes.

Figura 39 - Atividades com dificuldade de realização.



Fonte: Dados do autor (2019).

Além disso, os voluntários foram questionados, também, sobre a necessidade de haver um treinamento prévio voltado especificamente para o uso da CRM. Cerca de 89% dos participantes afirmaram que o treinamento para o uso da CRM é de extrema importância. Alguns voluntários justificaram a resposta com os seguintes relatos:

- *"Acredito que o treinamento seja importante sim, principalmente porque eu tenho medo de cair e de tombar na cadeira, então se me ensinasse como é o certo, eu não teria tanto medo de sair de casa".*
- *"Eu não tive dificuldade alguma mas, para algumas pessoas é muito importante o treinamento da cadeira para saber como operar e como lidar com subir um pequeno degrau e enfrentar outros obstáculos".*
- *"Sim, porque tive dificuldade de aceitação desde o começo, da minha condição. E também focar em subidas e descidas, eu evitava e evito até hoje, por medo de cair e me machucar."*

Ao realizar a análise das respostas obtidas, verificou-se que alguns participantes relataram sobre a demanda de tempo para realizar determinada atividade ou tarefa, apontando que em alguns casos, devido à pouca prática ou medo, há um gasto maior de tempo maior para atingir o objetivo. E relataram, também, que devido à falta de acessibilidade nos locais, os espaços disponíveis para a passagem da cadeira de rodas nem sempre são adequados, fazendo com

que o usuário necessite executar uma maior quantidade de comandos na CRM para conseguir se locomover e se ajustar em determinado espaço - o que é um fator desgastante, principalmente, para aqueles que não possuem prática na condução da CRM. De acordo com os voluntários, isto acontece pela falta de ter um ambiente onde ele possa treinar manobras para aprimorar seus sentidos de espaço e localização.

Por fim, os voluntários relataram a quantidade de colisões que sofrem com a cadeira, por falta de um dispositivo como o sensor de ré, treinamento ou conhecimento do ambiente, sendo que muitos chegam a colidir com objetos e até mesmo pessoas. A Tabela 10 apresenta a quantidade de voluntários que relataram dificuldade em relação ao controle do número de comandos, tempo de execução e colisões ao conduzir a CRM.

Tabela 10 - Dificuldades dos usuários de CRM.

<i>Dificuldade relacionada</i>	<i>Quantidade de voluntários</i>	<i>Quantidade de voluntários (%)</i>
Ao número de comandos	20	22%
Ao tempo de execução	42	46%
Ao número de colisões	31	34%

Fonte: Dados do autor (2019).

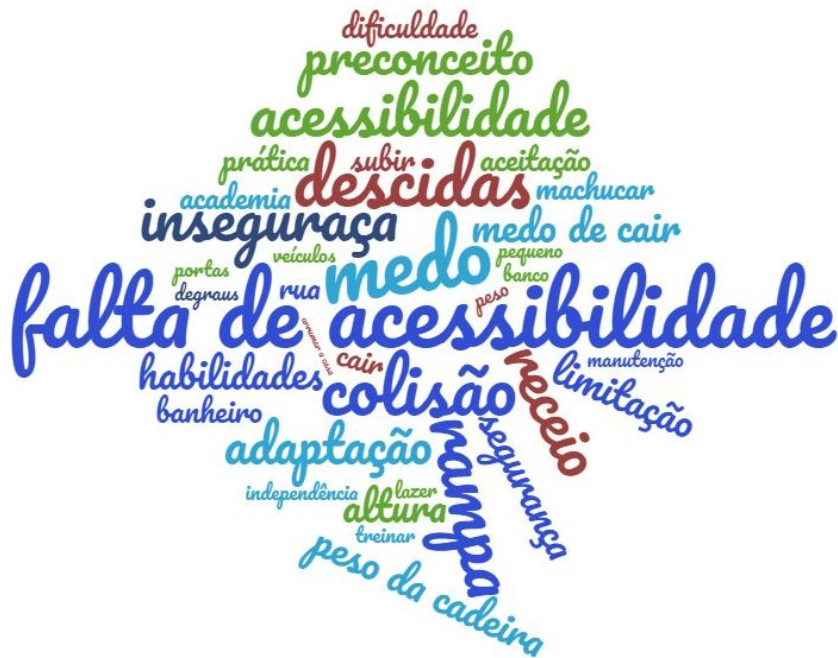
Contudo, há uma série de motivos que impactam a vida do usuário de CRM. De acordo com a resposta a questão 3 e 4, da Sessão III, muitos destes usuários não fazem todas as atividades desejadas e deixam de frequentar alguns locais por diversas razões. As Figuras 40 e 41 apresentam, utilizando uma nuvem de palavras como recurso de visualização, as palavras mais citadas pelos voluntários na resposta para a questão sobre os locais que eles gostariam de frequentar (Fig. 40) e os motivos que os impedem de ir (Fig. 41).

Figura 40 - Nuvem de palavras dos locais que gostariam de frequentar mais.



Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 41 - Nuvem de palavras dos motivos por não frequentar os locais desejados.



Fonte: Autoria própria (2020).

Considerando os relatos dos 91 voluntários que responderam o questionário, entende-se que o treinamento prévio traz benefícios para a locomoção diária, possibilitando segurança e confiança aos usuários de CRM. Desta forma, percebe-se a importância de um sistema para avaliar o desempenho do usuário durante o treinamento de condução da CRM, assim como para acompanhar a sua evolução.

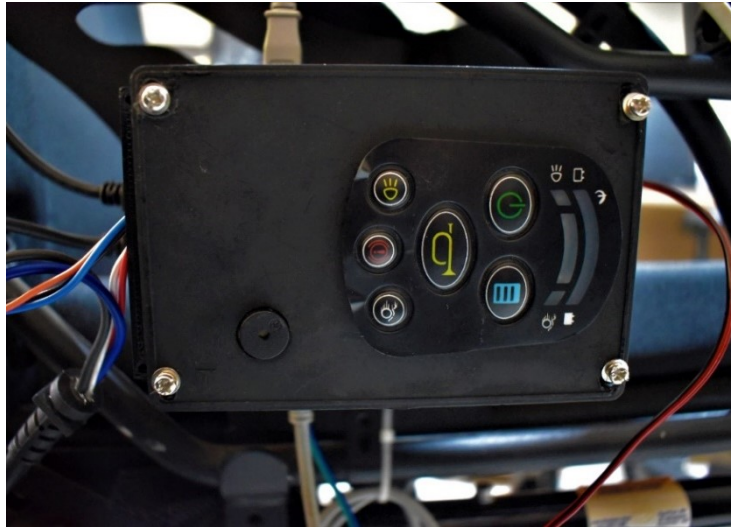
5.2.2 Sistema concebido para avaliação do desempenho do usuário no treinamento com a CRM

Após a execução de todas as etapas do desenvolvimento, descritas no capítulo anterior, obteve-se o protótipo do dispositivo e software para avaliação do desempenho do usuário no treinamento de condução da CRM. A seguir, são apresentados o sistema concebido e os resultados dos testes experimentais realizados para sua validação.

Sistema para avaliação do desempenho do usuário no treinamento da CRM

O sistema foi denominado “Imbox”. O seu propósito é possibilitar **que haja aquisição das métricas de tempo, número de comandos e número de colisões, com comunicação via Bluetooth** com o software, que mostra em tempo real o que foi registrado e permite que o usuário controle a CRM, em todos os possíveis estados e realizar comunicação sem fio com o computador. Por sua vez, o computador executará o software responsável por registrar as métricas para avaliação de desempenho propostas: tempo, número de comandos e número de colisões. A Figura 42 apresenta o dispositivo desenvolvido já acoplado em uma CRM.

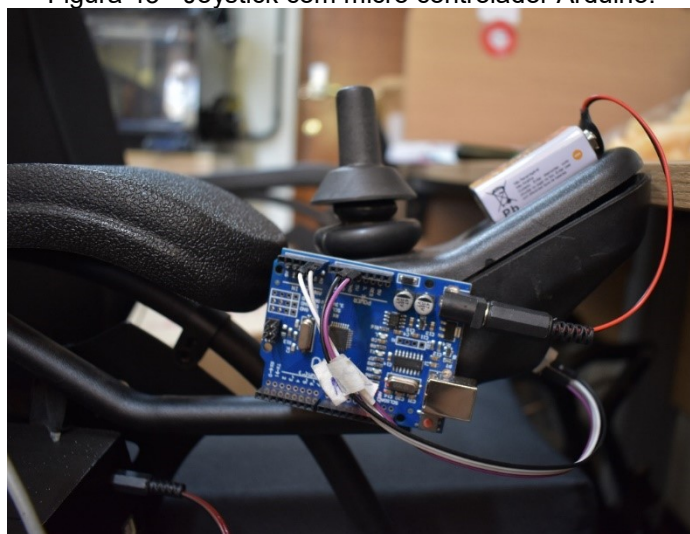
Figura 42 - Dispositivo "Imbox" acoplado na CRM.



Fonte: Aatoria própria (2020).

O dispositivo "Imbox" é alimentado pela própria bateria da CRM. Esta possui duas baterias com 12 volts cada. Além disto, o dispositivo é interligado ao driver e ao joystick da CRM, permitindo que o usuário controle todas os estados da mesma. Ao joystick, que é a interface padrão de controle da CRM, foi incrementado o micro controlador Arduino para conseguir identificar qual comando é acionado. Assim, o joystick possui um micro controlador próprio, que tem como objetivo identificar o comando acionado e enviar o valor para o dispositivo, para que este acione o motor para a locomoção da CRM. O joystick possui ligação direta com o IMBOX e é alimentado por uma bateria externa de 9 volts, conforme mostra a Figura 43.

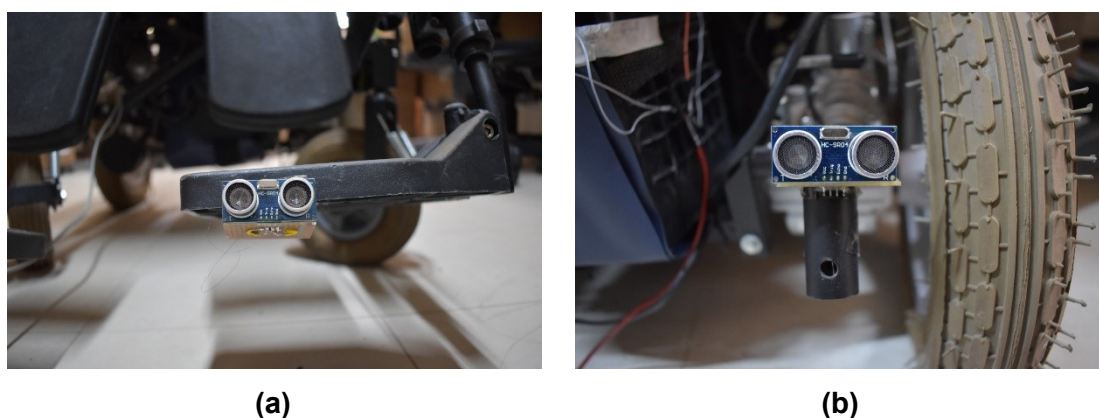
Figura 43 - Joystick com micro controlador Arduino.



Fonte: Aatoria própria (2020).

Ademais, conectado ao dispositivo, foi adicionado um sistema anticolisão composto de quatro pares de sensor ultrassônico + *buzzer*, dois na parte da frente e dois na parte traseira da CRM (Figura 44). Esses sensores estão conectados ao dispositivo por meio de um cabo USB. Deste modo, quando a CRM se aproximar de um obstáculo e um dos sensores detectar uma distância inferior a 50 cm, o respectivo *buzzer* será acionado. Este sistema também é responsável pela contagem de colisões, pois, quando a distância detectada é inferior a 10 cm, é considerada uma colisão. Importante ressaltar que a cadeira não trava seus movimentos em nenhum momento, ou seja, é emitido os sinais de alerta para o usuário quando este encontra-se perto de um obstáculo, porém se ele não voltar ao estado parado da CRM, a mesma irá colidir.

Figura 44 - Posicionamento dos sensores do sistema anticolisão da CRM: (a) Sensor dianteiro; (b) Sensor traseiro.



Fonte: Autoria própria (2020).

Conforme descrito no Capítulo 4, o sistema executa a contabilização dos parâmetros de comandos, tempo e colisões. E, ainda, transmite esses parâmetros via *Bluetooth* a um computador. Assim, por meio do software Imbox o profissional de saúde pode acompanhar e avaliar estes valores, durante o treinamento do paciente (Figura 45).

Figura 45 - Tela do software Imbox durante a coleta dos parâmetros de avaliação de condução da CRM.

The screenshot shows the IMBOX software interface. At the top center is the logo 'IMBOX' with a stylized wheelchair icon. Below the logo, there are several input fields and buttons. On the left side, there are four input fields: 'Nome do paciente:' with the value 'Voluntário 1', 'Sessão:' with the value '5', 'Terapeuta:' with a hyphen '-', and 'Data:' with the value '07-06-2020'. Below these fields are two buttons: 'Desconectar' and a dropdown menu showing 'COM5' with a downward arrow. Below the dropdown menu is the text 'Utilizar COM5'. On the right side, there are three buttons: 'Iniciar', 'Reiniciar', and 'Exportar dados'. Between the 'Iniciar' and 'Reiniciar' buttons, there are three lines of text: 'Número de Comandos: 69', 'Tempo de duração: 4:32', and 'Número de Colisões: 2'.

Fonte: Autoria própria (2020).

Resultado dos testes experimentais com o sistema desenvolvido

Para realizar os testes com o sistema, cada participante seguiu o protocolo apresentado no Capítulo 4 e realizou o percurso proposto em cinco sessões. Ao fim do experimento, os voluntários relataram sua experiência com o treinamento utilizando o sistema proposto.

É importante ressaltar que, devido ao período de pandemia do COVID-19, no ano de 2020, não foi possível testar o sistema com usuários que possuem deficiência. Por este motivo, apenas dois voluntários hígidos foram submetidos aos testes.

Assim, os voluntários foram direcionados ao local preparado com o percurso adaptado e realizaram o mesmo percurso cinco vezes, de forma individual, em momentos diferentes. Antes da primeira sessão e após o preparo do usuário com uma breve explicação do que era proposto, foi dado um tempo para que o mesmo pudesse se acostumar com os movimentos da cadeira de rodas. O Apêndice II apresenta o relato dos voluntários sobre a experiência com o sistema Imbox. A Tabela 11 apresenta os resultados finais dos dois voluntários, com o valor dos parâmetros de avaliação obtidos em cada sessão de treinamento.

Tabela 11 - Resultados obtidos com o sistema.

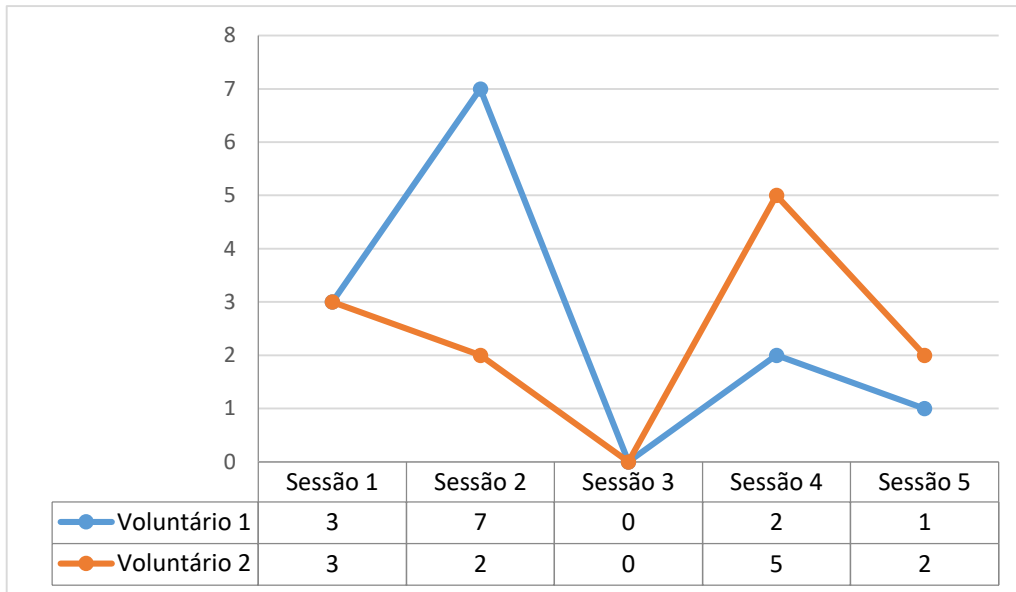
		Métricas		
		Número de Comandos	Tempo (min:seg)	Número de Colisões
Voluntário 1	Sessão 1	112	6:50	3
	Sessão 2	106	7:20	7
	Sessão 3	98	6:54	0
	Sessão 4	88	7:10	2
	Sessão 5	78	5:22	1
Voluntário 2	Sessão 1	105	8:36	3
	Sessão 2	104	7:41	2
	Sessão 3	91	7:50	0
	Sessão 4	84	6:30	5
	Sessão 5	69	4:32	2

Fonte: Autoria própria (2020).

De acordo com os dados da Tabela 11, observa-se que houve uma redução do valor dos parâmetros número de comandos e tempo. Observa-se que o número de colisões é variante, sendo que, quando os voluntários executam o percurso com maior rapidez, em alguns casos, colidem mais. O voluntário 1 tem o valor do número de colisões reduzido, se considerado a primeira e a última sessão. O voluntário 2 tem este número variante, porém tem um valor menor desta variável quando comparamos a primeira e última sessão.

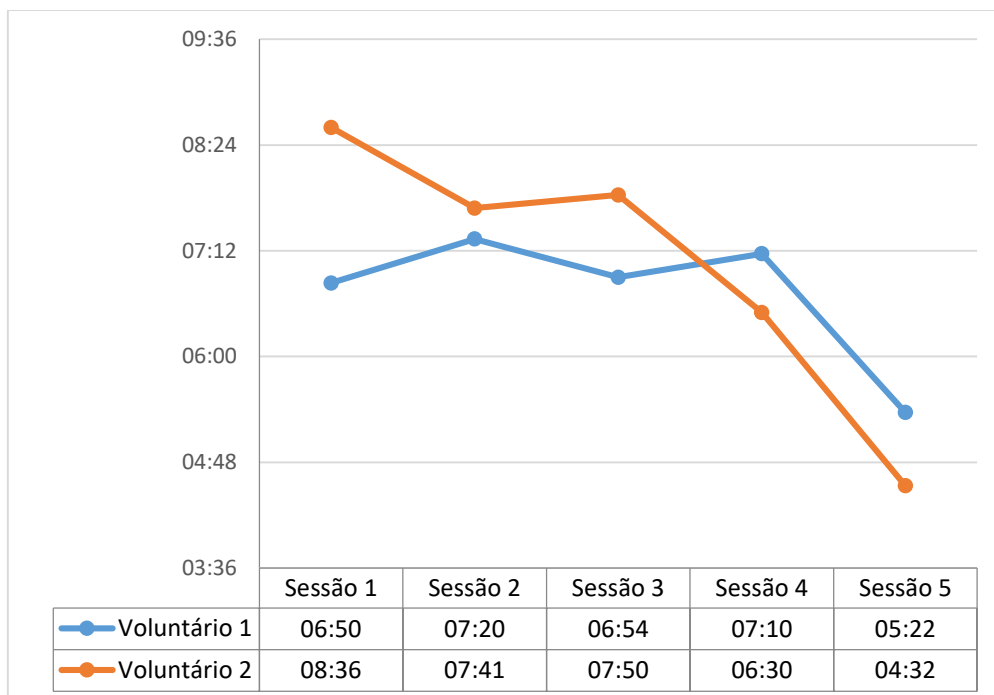
As Figuras 46, 47 e 48 apresentam, graficamente, o desempenho dos voluntários durante as 5 sessões de treinamento monitorado com o sistema desenvolvido.

Figura 46 - Número de colisões versus sessão do percurso.



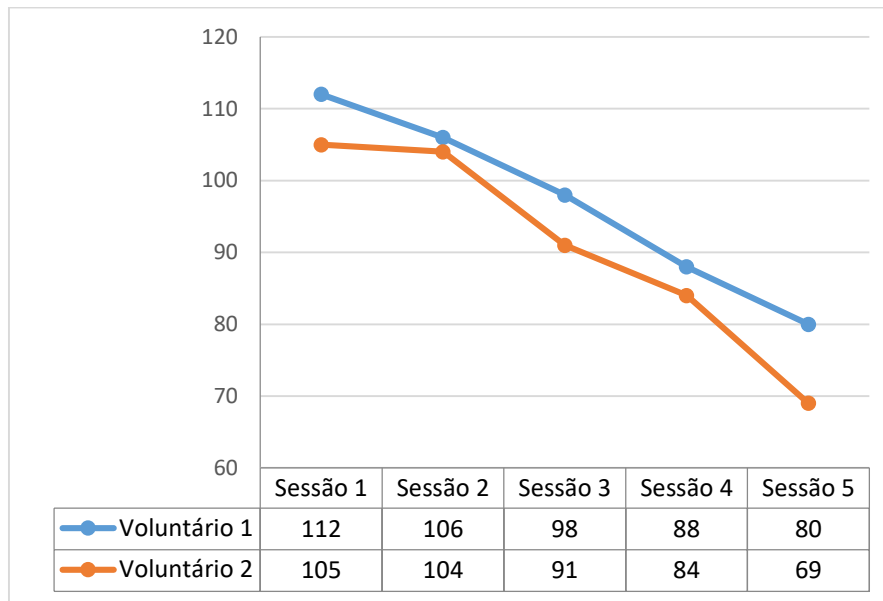
Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 47 - Tempo de execução (min:seg) versus sessão do percurso.



Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 48 - Número de comandos realizados versus sessão do percurso.



Fonte: Autoria própria (2020).

5.3 Discussão

A CRM é um item de extrema importância e com grande significado na vida das pessoas com deficiência. Entretanto, o uso da CRM sem um treinamento prévio e auxílio de um profissional responsável pode gerar inúmeros sentimentos negativos, como a insegurança e medo, e impactar também na condição física do usuário, pois ao realizar o uso incorreto abre espaço para condições não favoráveis a este usuário (Cavalcanti, Galvão, Campos, 2007; De Medeiros et al., 2015). O somatório de desconfortos pode levar a atitudes extremas como o abandono da CRM (De Albuquerque et al., 2018) . O treinamento, portanto, possui um papel importante na vida dos usuários de cadeira de rodas motorizada, e para avaliar o desempenho de um usuário durante as sessões de treinamento realizadas, de modo a verificar seu desempenho e se este melhora com as atividades propostas, é necessário definir parâmetros quantitativos de avaliação.

É possível encontrar diversos parâmetros sendo medidos de forma automatizada, através de software e hardware em ambientes de realidade virtual, como nos trabalhos de John et al. (2018) e Hernandez-Ossa et al. (2020). Em ambientes reais, o profissional da saúde responsável pelo treinamento,

avalia o desempenho do usuário durante a execução das atividades, pois as colisões, por exemplo, muitas vezes depende da sua observação e este valor pode não ser o real, ao fim das sessões, podendo ser uma variável passível de erros (Tu *et al.*, 2017; Keeler *et al.*, 2019). Caetano *et al.* (2018) fez uma adaptação de um joystick e integração a um sistema, registrando o número de comandos que o usuário acionou na CRM. Face ao exposto, quando as métricas de avaliação são fiéis ao que ocorreu durante o processo de treinamento, o profissional de saúde responsável pelo mesmo pode adaptar as atividades de acordo com a necessidade, reforçar e insistir no desenvolvimento de determinadas habilidades, buscando o aprendizado e o controle correto da CRM. Sendo assim, torna-se importante quantificar as métricas de avaliação, tendo número confiáveis e de acordo com o que foi realizado pelo usuário, para que seja possível verificar o desempenho durante o treinamento e se as atividades propostas estão provocando melhorias efetivas.

Este estudo apresentou um equipamento dedicado a aquisição de métricas quantitativas durante as sessões de treinamentos de usuários de CRM, em tempo real e via *Bluetooth*. As métricas coletadas foram: tempo, número de comando e número de colisões. O equipamento desenvolvido possui um hardware e um software para aquisição, processamento e visualização dos dados obtidos durante uma coleta. O hardware é composto por micro controladores que contabilizam as métricas, fazem a intermediação entre o joystick com o driver, para o acionamento e o sistema anticollisão. O Capítulo 4 apresentou toda a metodologia utilizada para o desenvolvimento e o protocolo de testes realizados com o dispositivo desenvolvido.

De acordo com o protocolo apresentado no Capítulo 4, o questionário desenvolvido no início da pesquisa teve como objetivo alcançar diversos usuários de CRM, com diferentes idades e tempo de uso de CRM, para entender a opinião sobre esta tecnologia, as dificuldades encontradas no manuseio, sua experiência frente ao treinamento e quais são as dificuldades enfrentadas. Com as respostas obtidas, foi possível detectar pontos importantes que influenciaram na especificação e no desenvolvimento do dispositivo proposto nesta pesquisa.

Nas respostas ao questionário, os participantes relataram diversas experiências, citaram os locais que gostariam de ir com mais frequência, os motivos que os fazem ficar reclusos, quais melhorias deveriam ser feitas na CRM

e discutiram abertamente sobre o treinamento: se tiveram a oportunidade de recebê-lo ou não, e como acreditam que o treinamento impacta a vida da pessoa com deficiência que utiliza a cadeira de rodas. A maioria dos voluntários concordaram que o treinamento traz benefícios, pois este vem auxiliar a realizar determinadas tarefas em menor tempo ou com poucos comandos. E ainda, o treinamento poderia proporcionar confiança para se locomover em diversos ambientes, não somente naqueles com piso liso. Além disso, foi comentado que o treinamento poderia auxiliar o usuário a ter uma melhor noção de espaço, para evitar colisões com objetos, pessoas e móveis, principalmente, quando o usuário está em marcha ré ou se ajustando a um espaço específico.

Em relação ao controle dos estados da CRM, em trabalhos recentes que integram treinamento em CRM com sistemas, como o de Hernandez-Ossa et al. (2020), tem-se que durante a aplicação de protocolos de treinamento, cinco estados de movimento principais são utilizados: parar, frente, traz, direita e esquerda. Porém encontra-se no trabalho de Valentini (2019), relatos vindos de usuários pontuando as limitações relacionadas a quantidade de estados para comando. Com base nessa análise e visando possibilitar maior liberdade ao usuário, o sistema desenvolvido tem um diferencial, pois, realiza o controle dos nove estados possíveis na CRM, que são: parado, frente, traz, direita, esquerda e as quatro diagonais. Cada direção possui um par ordenado de coordenadas nos eixos x e y, e utilizando o micro controlador Arduino, é possível realizar a leitura destes valores em tempo real e durante toda a execução das atividades.

Quanto ao método de coleta das métricas para avaliação da CRM, Martins (2017) traz um conceito interessante, onde propõe um ambiente de treinamento que contabiliza o número de comandos, colisões e tempo gasto para realização de atividades e percurso. Porém esta quantificação ocorre em um ambiente virtual. Já o estudo de Valentini (2019) apresentou um novo protocolo de treinamento, utilizando o treinamento virtual e propondo sessões reais, utilizando o dispositivo criado por Caetano et al. (2018). Durante as sessões em ambiente real, a profissional de saúde avalia o paciente de acordo com sua observação pessoal e experiência profissional, utilizando métricas de número de comandos e tempo (apresentadas no fim da coleta). Já as colisões foram mensuradas através da visualização de vídeos gravados. Neste cenário, as contribuições inovadoras do trabalho aqui desenvolvido com relação aos similares citados

incluem: (1) Coleta das três métricas de forma automática e simultânea; (2) Dispensa a conexão USB com um computador e, conseqüentemente, a necessidade do transportá-lo sobre a CRM, visto que o sistema desenvolvido transmite os dados sem fio via *Bluetooth*; (3) Provê uma interface com feedback visual, em tempo real, para o terapeuta.

Desta forma, o profissional de saúde tem total controle da situação, pois é possível realizar o treinamento com a CRM real acompanhando as três métricas, durante a realização das tarefas ou percurso. Acredita-se que este acompanhamento das métricas durante a sessão venha a possibilitar a identificação de pontos fortes e fracos dos pacientes (Caro, 2019).

Em relação à colisão, Borges (2016) propõe um sistema anticisão que faz medições de distância todo o tempo e, quando o usuário se encontra a uma distância de 30 cm de algum obstáculo, ocorre o travamento do motor, não permitindo que este se aproxime. O diferencial do trabalho desenvolvido encontra-se na inclusão de um sinal sonoro que busca captar a atenção do usuário, alertando-o que existe um obstáculo próximo de modo a evitar a colisão, possibilitando-o ainda se aproximar com cautela do obstáculo, conforme seu desejo.

A respeito da comunicação entre a CRM e o computador, em alguns trabalhos que utilizam a Realidade Virtual para avaliação do paciente e ainda possibilitam a contabilização de métricas, encontra-se uma ligação direta, utilizado um cabo de conexão, com o computador (Arlati et al., 2019; Vailland et al., 2020). Isto pode ser um fator limitante do estudo e gerar impactos de percepção durante o treinamento (Alshaer, Regenbrecht, O'hare, 2017). Desta forma, um outro diferencial do sistema desenvolvido é a proposta de comunicação via *bluetooth*, com a transmissão de dados contínuos e em tempo real, onde este continua tendo funcionamento sem perda de dados com até 10 metros de distância (FilipeFlop, 2020).

O sistema foi testado experimentalmente por 2 voluntários hígidos, conforme descrito no Capítulo 4. A Tabela 11 apresenta o resultado das coletas das métricas (tempo, quantidade de colisões e quantidade de comandos) durante as 5 sessões de treinamento realizadas com os usuários. Estes resultados mostram que o sistema desenvolvido cumpre o seu propósito de registrar e transmitir, em tempo real, as métricas de desempenho do usuário ao

longo de toda a sessão de treinamento, funcionando de forma integrada e automatizada. E ainda, aliado ao hardware, o software mostra os valores coletados, também em tempo real, para o profissional de saúde, que pode salvá-los ao final da sessão.

Ademais, as Figuras 46, 47 e 48 apresentam a evolução dos voluntários ao realizar o mesmo percurso durante cinco sessões, considerando as métricas número de colisões, tempo e número de comandos. Verifica-se que os valores das métricas tiveram uma redução quando comparadas com o início (1ª sessão) e o fim do treinamento (5ª sessão). Esta observação sugere que pode ser possível ter aprendido e melhoria de habilidade durante as sessões, visto que as tarefas foram cumpridas com menos comandos, em menor tempo e menor número ou nenhuma colisão. Entretanto, apenas com os testes realizados, não é possível fazer uma afirmação assertiva em relação ao aprendizado dos usuários e nem a respeito da eficácia do sistema. Isto devido ao número de voluntários e o fato de serem hígidos. Para tanto, será necessário realizar um estudo com um número maior de participantes com deficiência e com uma maior quantidade de sessões. Porém, no momento, é possível apenas concluir que o sistema proposto possui um funcionamento adequado e condizente para a finalidade que ele foi projetado.

Finalmente, a Tabela 11 resume e evidencia na sua última coluna a contribuição científica deste trabalho em relação aos trabalhos relacionados, existentes na literatura.

Tabela 12 - Comparação do trabalho proposto com os estudos relacionados existentes na literatura.

Trabalhos relacionados		Tu et al., 2017	Keller et al., 2019	MacGillivray et al., 2018	Hernandez-Ossa et al., 2020	John et al., 2018	Younis et al., 2019	Wang et al., 2015	Caetano et al., 2020	Trabalho proposto (Silva, 2020)
Coleta de métricas automatizada	Comandos	X	X	X	✓	✓	✓	X	✓	✓
	Colisões	X	X	X	✓	✓	✓	X	X	✓
	Tempo	X	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Coleta de métricas em tempo real		X	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Treinamento em ambiente real		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Atualização das métricas em tempo real		X	X	X	X	X	X	X	X	✓
Controle em 9 estados da CRM		X	X	X	X	X	X	X	X	✓
Comunicação via bluetooth		X	X	X	X	X	X	X	X	✓

Fonte: Autoria própria (2020).

5.4 Limitações do estudo

Este estudo, apesar de cumprir seu propósito inicial, possui algumas limitações. Devido ao distanciamento social imposto pela pandemia do COVID-19, a coleta de dados foi realizada com apenas dois voluntários hígidos. Este contexto se tornou um fator limitante, já que não foi possível testar o sistema com uma quantidade maior de voluntários com ou sem deficiência. Desta forma, o número reduzido de voluntários não permitiu realizar uma análise estatística da aprendizagem dos voluntários. Entretanto, os testes foram suficientes para mostrar que o sistema executa a tarefa para a qual foi projetado.

Em relação ao hardware, o projeto pode ser aprimorado e resultar em um equipamento mais compacto. Além disso, é possível adicionar mais funcionalidades como alteração de velocidade, aquisição da trajetória realizada pelo usuário de CRM durante o percurso e múltiplos controles.

Finalmente, outra limitação deste estudo se refere ao software, que possibilita o armazenamento dos dados coletados, durante a sessão, somente em arquivo no formato *.txt. Futuramente, seria interessante armazenar as métricas coletadas em um Banco de Dados para facilitar o processamento dos dados e, conseqüentemente, a avaliação do desempenho do usuário.

5.5 Conclusão

Neste capítulo, foi apresentado o sistema proposto e desenvolvido nesta pesquisa. O sistema tem como objetivo auxiliar na avaliação de desempenho de condução de CRM, coletando as métricas de tempo, número de colisões e número de comandos. Inicialmente, apresentou-se as respostas relacionadas do questionário realizado com pessoas que fazem uso da CRM e quais as suas perspectivas sobre treinamento e as dificuldades enfrentadas. Em seguida, foram apresentados os resultados obtidos com a aplicação do sistema em um ambiente real com voluntários hígidos e, também, os resultados obtidos a partir destas coletas de dados.

Ademais, foi realizada a discussão a respeito dos resultados obtidos nos testes realizados, comparando com os trabalhos relacionados na literatura e evidenciando quais foram as contribuições científicas desta pesquisa. Por fim, pontuou-se as principais limitações do estudo desenvolvido. No próximo capítulo, serão apresentadas as conclusões deste estudo e, também, os possíveis trabalhos futuros que podem ser realizados a partir desta pesquisa.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

6.1 Introdução

Neste capítulo, serão apresentadas as considerações finais sobre o estudo desta dissertação. Em seguida, são apresentadas sugestões para trabalhos futuros.

6.2 Conclusões

Nos dias atuais existe uma grande quantidade de pessoas afetadas por deficiências, ocasionando inúmeras consequências, como impedimentos ou redução de funcionalidades. A mobilidade é uma funcionalidade afetada em diversos casos, e na busca de devolver esta função ao usuário, é necessário combinar reabilitação com o uso de equipamentos e recursos de TA, como a CRM, que visa manter ou aumentar a capacidade funcional do paciente.

A tarefa de comandar e manobrar uma cadeira de rodas é, no mínimo, desafiadora, pois requer a concentração de diversos sentidos e um somatório de habilidades, a fim de cumprir um objetivo (Pithon et al., 2009). Devido a alguns tipos de deficiência e suas gravidades, o único meio que a pessoa com deficiência possui de se locomover com independência é fazendo uso de uma CRM, a qual tem um impacto na qualidade de vida do usuário. Desta forma, torna-se essencial fornecer treinamento de habilidades para os usuários em potencial da CRM, sendo que este deve ser de qualidade e eficaz para impactar positivamente na vida do usuário.

Esta pesquisa, portanto, apresentou o desenvolvimento de um equipamento para a avaliação do desempenho do usuário na condução de uma CRM. O sistema desenvolvido coleta métricas quantitativas (tempo, número de comandos e número de colisões) em tempo real e as transmite, via *Bluetooth*, para o computador do profissional de saúde, responsável pela avaliação da evolução do usuário na condução da CRM. O sistema pode ser acoplado em uma CRM real e apresenta um feedback visual, em tempo real, para o terapeuta. Assim, ele poderá trabalhar estes pontos com o usuário em outras sessões.

Ademais, foi implementado um sistema anticollisão que indica ao usuário, por meio de um sinal sonoro, quando a CRM se encontra perto de um obstáculo. Os experimentos demonstraram que o sistema desenvolvido mostrou-se capaz de registrar e transmitir as métricas de desempenho do usuário, durante a condução da CRM. A possibilidade de movimento da CRM nas diagonais permite que o usuário tenha uma maior liberdade de movimento e facilita a sua locomoção.

Para realizar testes de avaliação de performance do sistema desenvolvido, foi elaborado um protocolo experimental. O sistema foi testado na prática por dois voluntários hígidos. Os resultados mostraram que o sistema desenvolvido efetuou, a coleta corretamente, das métricas para avaliação da habilidade de condução da CRM. Desta forma, o equipamento pode ser considerado uma opção viável para ser utilizado em sessões de treinamento de condução de CRM em um ambiente real com o público alvo.

Face ao exposto, as principais contribuições científicas do trabalho desenvolvido são:

- Possibilidade de coleta de três métricas (número de colisões, número de comandos e tempo) da CRM em ambiente real, de forma simultânea, em tempo real;
- Transmissão dos dados coletados de forma contínua e sem fio, via *Bluetooth*, permitindo o funcionamento sem perda de dados com até 10 metros de distância, eliminando, deste modo, a necessidade de se ter um computador sobre a CRM, no caso de uma conexão via cabo USB, como ocorre em outros trabalhos;
- Proposta de uma interface que contém um feedback visual, em tempo real, para o terapeuta acompanhar a evolução das três métricas, durante o treinamento do usuário na condução da CRM em um ambiente real;
- Projeto do controle de nove estados na CRM: parado, frente, traz, direita, esquerda e as quatro diagonais;
- Implementação de um sistema anticollisão com feedback sonoro para alertar o usuário que a CRM está próxima a um obstáculo, evitando a

colisão. Entretanto, o sistema anticolisão não trava a CRM e, assim, possibilita ao usuário se aproximar o quanto desejar de qualquer objeto;

De acordo com as respostas obtidas no questionário, compreende-se que oferecer um treinamento para os usuários, os auxilia a desenvolver suas habilidades e superar obstáculos. O objetivo do treinamento deve ser focado em melhorar o desempenho do usuário, por meio da prática de suas capacidades. E como resultado final, o treinamento deve auxiliar o usuário a superar as obstáculos no ambiente, compreender mais sobre o espaço ocupado e como manobrar eficientemente sua CRM, além de contribuir para superar barreiras psicológicas, como o medo de subidas e descidas, e impactar, portanto, todo o processo de reabilitação da pessoa com deficiência.

Por fim, conclui-se que o sistema desenvolvido pode ser utilizado em centros de reabilitação, sob orientação de profissionais da área da saúde, auxiliando na avaliação da evolução da habilidade de condução da CRM. Desta forma, o sistema proposto tem a possibilidade de impactar positivamente na qualidade de vida do usuário de CRM.

6.3 Trabalhos futuros

A partir do trabalho desenvolvido nesta pesquisa, destacam-se algumas possibilidades de trabalhos futuros. São elas:

- Validar o sistema com uma quantidade significativa de pessoas com deficiência e com um número maior de sessões. Isto permitirá que um profissional da área da saúde possa melhor avaliar a evolução da habilidade de condução da CRM;
- Utilizar uma quantidade maior de tarefas e envolvendo maior complexidade, como rampas, subidas e descidas.
- Aperfeiçoar o projeto do dispositivo para possibilitar a inclusão de outras métricas (trajetória, velocidade, etc.), para auxiliar ainda mais na avaliação do desempenho de condução da CRM;

- Aprimorar o projeto do hardware para se obter um sistema mais compacto, com menor peso e, assim, mais fácil de ser adaptado a qualquer modelo de CRM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abe, T. *et al.* Piezoelectric Buzzer. U.S. Patent N. 4, 965, 483. **Google Patents**, 23 Out. 1990.

Abellard, P. Electric Wheelchair Navigation Simulators: Why, When, How? **Mechatronic Systems Applications**, p. 161–168, 2010. <https://doi.org/10.5772/8927>

Adriaansen, J. J. E. *et al.* Secondary Health Conditions In Persons With Spinal Cord Injury: A Longitudinal Study From One To Five Years Post-Discharge. **Journal Of Rehabilitation Medicine**, v. 45, n. 10, p. 1016–1022, 2013. <https://doi.org/10.2340/16501977-1207>

Alshaer, A.; Regenbrecht, H.; O'hare, D. Immersion factors affecting perception and behaviour in a virtual reality power wheelchair simulator. **Applied Ergonomics**, v. 58, p. 1–12, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.05.003>

Andrade, J. H. F. De. A política de proteção a refugiados da organização das nações unidas: sua gênese no período pós-guerra (1946-1952). **Tese De Doutorado. Universidade de Brasilia**. 2006. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/3726>>. Acesso em: 08 jun. 2020.

Archambault, P. *et al.* Usability and efficacy of a virtual reality simulator for power wheelchair training. **Annals Of Physical And Rehabilitation Medicine**, v. 61, p. E90, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2018.05.192>

Arlati, S. *et al.* Virtual reality-based wheelchair simulators: a scoping review. **Assistive Technology**, p. 1–12, 2019. <https://doi.org/10.1080/10400435.2018.1553079>

Arduino. Arduino Mega 2560. **Arduino Store**. 2020. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>>. Acesso em: 20 de out. 2020.

Bersch, R. Introdução à tecnologia assistiva. **Porto Alegre: Cedi**, v. 21, 2008.

Bersch, R. DE C. R. *et al.* Formação continuada à distância de professores para o atendimento educacional especializado. **Deficiência Física. São Paulo: MEC/SEESP**, 2007.

Bertoncello, I.; Gomes, L. V. N. análise diacrônica e sincrônica da cadeira de rodas mecanomanual. **Production**, v. 12, n. 1, p. 72–82, 2002.

Boninger, M. L. *et al.* Manual wheelchair pushrim biomechanics and axle position. **Archives Of Physical Medicine And Rehabilitation**, v. 81, n. 5, p. 608–613, 2000.

Borges, L. R. Avaliação de usabilidade de comando ocular de cadeira de rodas motorizada. **Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia**. 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/18088/1/avaliacaousabilidadecomando.pdf>>. Acesso em: 15 de jun. 2020.

Branowski, B.; Sydor, M. Wheelchair-stagnation, evolution or revolution in development. **Ergonomics for the disabled**, p. 23–41, 2013.

Brasil. Decreto Nº. 7.612, 17 de Novembro de 2011. **Diário Oficial da União**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/decreto/d7612.htm>. Acesso em: 14 de maio de 2020.

Brasil. Lei 13.146, de 06 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). **Diário Oficial da União**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm> Acesso em: 13 agosto 2020.

Brasil. Decreto Nº 3.298, de 20 de Dezembro de 1999. Regulamenta a Lei Nº 7.853, de 24 de Outubro de 1989, dispõe sobre a Política Nacional para a Integração da pessoa portadora de deficiência, consolida as normas de proteção e aá outras providências. **Diário Oficial Da União**, 1999.

Brasil, C. Lei Nº 7.853, de 24 de Outubro de 1989. Dispõe sobre o apoio as pessoas portadoras de deficiência, sua integração social, sobre a Coordenadoria Nacional Para Integração Da Pessoa Portadora De Deficiência - Corde, institui a tutela jurisdicional de interesse. **Diário Oficial Da União**, v. 25, 1989.

Brasil, C. de A. T. Portaria Nº 142, de 16 de novembro de 2006. **Diário Oficial da União**. Disponível em: <<http://www.galvaofilho.net/portaria142.htm>>. Acesso em: 6 maio 2020.

Brasil, S. F. Estatuto Da Pessoa Com Deficiência. **Diário Oficial Da União**. 2015.

Brummel-Smith, K.; Dangiolo, M. Assistive Technologies in the home. **Clin Geriatr**, v. 25, n. 61–77, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2008.11.003>

Bueno, R. G. Tecnologia assistiva como política pública: inclusão na agenda de pesquisa e coprodução com o usuário. Dissertação de Mestrado. **Universidade de Campinas**. 2016. Disponível Em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/reposip/321437/1/bueno_rafaelgiglio_m.pdf>. Acesso em: 29 de maio de 2020.

Caetano, D. et al. Adaptação De uma interface usb para joystick vr2 aplicada ao treinamento de usuários de cadeira de rodas. **Tecnologia Assistiva: Desenvolvimento E Aplicação**., p. 261–267, 2018. Disponível em: <https://www.canal6.com.br/livros_loja/ebook_ta_desenvolvimento.pdf>. Acesso em: 01 de junho de 2020.

Caetano, D. S. D. *et al.* The Augmented Reality Telerehabilitation System for Powered Wheelchair User's Training. **Journal of Communication and Information Systems**, v. 35, n. 1, p. 51-60, 2020.

Calil, S. A importância de um programa de treinamento no aperfeiçoamento profissional. Dissertação De Mestrado. **Universidade Federal de Santa Maria**. 2004. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/832>>. Acesso em: 29 de maio de 2020.

Campos, L. C. B. *et al.* Adaptação transcultural e validade face do wheelchair skills test questionnaire (versão 4.3) para cuidadores/cross-cultural adaptation and face validity of the wheelchair skills test questionnaire (version 4.3) for caregivers. **Cadernos Brasileiros De Terapia Ocupacional**, v. 27, n. 1, 2019. <https://doi.org/10.4322/2526-8910.ctoAO1594>

Campos, I.; Sá, E.; Silva, M. Formação Continuada a Distância de Professores para o Atendimento Educacional Especializado. **Governo Federal**. Brasília, 2007.

Caro, C. C. A Eficácia do treinamento de habilidades com cadeiras de rodas manuais no desempenho ocupacional e engajamento de sujeitos com lesão medular. Tese de Doutorado. **Universidade Federal de São Carlos**. 2019. Disponível em: < <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/12140>>. Acesso em: 12 de maio de 2020.

Caro, C. C.; Cruz, D. M. C. Da. Treinamento de habilidades com cadeiras de rodas manuais: uma revisão integrativa da literatura. **Cadernos Brasileiros De Terapia Ocupacional**, v. 28, p. 661–681, 2020. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s2526-89102020000200661&nrm=iso>. Acesso em: 06 de junho de 2020. <https://doi.org/10.4322/2526-8910.ctoAR1863>

Carriel, I. R. R. Recomendações ergonômicas para o projeto de cadeira de rodas: considerando os aspectos fisiológicos e cognitivos dos idosos. Dissertação De Mestrado. **Universidade Estadual de São Paulo**. 2007. Disponível em: < <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/89722>>. Acesso em: 26 de junho de 2020.

Carriel, I. R. R. Recomendações tecnológicas de projeto para o desenvolvimento de cadeira de rodas de propulsão manual: uma proposta para ampliar o grau de mobilidade dos cadeirantes a partir do design. Tese de Doutorado. **Universidade De São Paulo**. 2015. Disponível em: < <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16134/tde-17102014-095909/en.php>>. Acesso em: 12 de junho de 2020.

Castro, G. G. et al. Inclusão de alunos com deficiências em escolas da rede estadual: um estudo sobre acessibilidade e adaptações estruturais. **Revista Educação Especial**, v. 31, n. 60, p. 93–106, 2018. <https://doi.org/10.5902/1984686X13590>

Cavalcanti, A.; Galvão, C.; Campos, M. Cadeira de rodas e sistema de adequação postural. **Terapia Ocupacional–Fundamentação E Prática**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 451–457, 2007.

Chan, S. C.; Chan, A. P. User satisfaction, community participation and quality of life among chinese wheelchair users with spinal cord injury: a preliminary study. **Occupational Therapy International**, v. 14, n. 3, p. 123–143, 2007. <https://doi.org/10.1002/oti.228>

Chaves, E. S. et al. Assessing the influence of wheelchair technology on perception of participation in spinal cord injury. **Archives Of Physical Medicine And Rehabilitation**, v. 85, n. 11, p. 1854–1858, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2004.03.033>

Chesani, F. H. *et al.* A percepção de qualidade de vida de pessoas com deficiência motora: diferenças entre cadeirantes e deambuladores. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 25, n. 4, p. 418–424, 2018. <https://doi.org/10.1590/1809-2950/17018525042018>

Collinger, J. L. *et al.* Shoulder biomechanics during the push phase of wheelchair propulsion: a multisite study of persons with paraplegia. **Archives Of Physical Medicine And Rehabilitation**, v. 89, n. 4, p. 667–676, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.09.052>

Cooper, R. A. Wheelchair research progress, perspectives, and transformation. **Rehabil Res Dev**, v. 49, n. 1, p. 1–5, 2012. <https://doi.org/10.1682/JRRD.2011.10.0199>

CORRÊA, Daniel Malgarin *et al.* Ambiente virtual para simular a condução de uma cadeira de rodas. **Research, Society and Development**. Itabira-MG. Grupo de Pesquisa Metodologias em Ensino e Aprendizagem em Ciências. Vol. 9, n. 1, 25 p., 2020. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i1.1547>

Da Cruz, D. M. C. *et al.* O trabalho e a tecnologia assistiva na perspectiva de pessoas com deficiência física. **Revista De Terapia Ocupacional Da Universidade De São Paulo**, v. 26, n. 3, p. 382–389, 2015. <https://doi.org/10.11606/issn.2238-6149.v26i3p382-389>

Dalsin, C. *et al.* O design da cadeira de rodas infantil e o processo de exclusão/inclusão social: uma revisão integrativa da literatura. **Multitemas**, v. 24, n. 56, p. 59–80, 2019. <https://doi.org/10.20435/multi.v24i56.1969>

De Albuquerque, A. C. *et al.* Percepção dos responsáveis de crianças e adolescentes sobre prescrição da cadeira de rodas e satisfação com o equipamento. **Revista De Terapia Ocupacional Da Universidade De São Paulo**, v. 29, n. 1, p. 27–33, 2018. <https://doi.org/10.11606/issn.2238-6149.v29i1p27-33>

De Medeiros, I. L. *et al.* Avaliação ergonômica do desconforto muscular causado pelo uso de cadeira de rodas. **Human Factors In Design**, V. 4, n. 8, p. 95–111, 2015.

De Moraes, M. K. R. *et al.* Benefícios da adequação postural em cadeira de rodas e fatores que interferem em sua utilização: uma revisão sistemática. **Fronteiras: Journal Of Social, Technological And Environmental Science**, v. 5, n. 2, p. 181–195, 2016. <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2016v5i2.p181-195>

Dicher, M.; Trevisam, E. A jornada histórica da pessoa com deficiência: inclusão como exercício do direito à dignidade da pessoa humana. **Congresso Nacional do Conselho Nacional De Pesquisa e Pós-Graduação Em Direito**. p. 254–276, 2014.

Ding, D.; Cooper, R. A. Electric Powered Wheelchairs. **IEEE Control Systems Magazine**, v. 25, n. 2, p. 22–34, 2005. <https://doi.org/10.1109/MCS.2005.1411382>

Educa Mais Brasil. Velocidade Do Som. **Educa Mais Brasil**. 2019. Disponível em: <<https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/fisica/velocidade-do-som>>. Acesso em: 09 de outubro de 2020.

Extra. Exemplos de superação no futebol em cadeira de rodas motorizadas. **Jornal Extra**. Disponível em: <<https://extra.globo.com/noticias/rio/exemplos-de-superacao-no-futebol-em-cadeira-de-rodas-motorizadas-6755593.html>>. Acesso em: 27 set. 2020.

Fehr, L.; Langbein, W. E.; Skaar, S. B. Adequacy of power wheelchair control interfaces for persons with severe disabilities: a clinical survey. **Journal Of Rehabilitation Research And Development**, v. 37, n. 3, p. 353–360, 2000.

Filipeflop. Módulo Bluetooth Rs232 Hc-05. **FilipeFlop**. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/modulo-bluetooth-rs232-hc-05>>. Acesso em: 21 out. 2020.

Filipeflop. Sensor Ultrassonico. **FilipeFlop**. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-distancia-ultrassonico-hc-sr04/>>. Acesso em: 15 out. 2020b.

França, T. H. A normalidade: uma breve introdução à história social da deficiência. **Revista Brasileira De História & Ciências Sociais**, v. 6, n. 11, 2014.

François Routhier, I. M. *et al.* Data logger technologies for manual wheelchairs: a scoping review. **Assistive Technology The Official Journal Of Resna**, p. 16–24, 2016.

Frank, A. O.; De Souza, L. H. Problematic clinical features of children and adults with cerebral palsy who use electric powered indoor/outdoor wheelchairs: a cross-sectional study. **Assistive Technology**, v. 29, n. 2, p. 68–75, 2017. <https://doi.org/10.1080/10400435.2016.1201873>

Freedom. Freedom Lumina 13. **Freedom**. Disponível em: <<http://www.freedom.ind.br/produto/saude/cadeiras-de-rodas-motorizadas/freedom-lumina-motorizada-13/>>. Acesso em: 20 out. 2020.

Freedom. Manual do Proprietário Freedom COMPACT. **Freedom**. Disponível em: <http://acadef.dominiotemporario.com/wp-content/uploads/2017/10/Manual_Styles_motorizadas.pdf>. Acesso em: 20 de out. 2020.

Galvão, C. R. C.; De Lima Barroso, B. I.; De Castro Grutt, D. A tecnologia assistiva e os cuidados específicos na concessão de cadeiras de rodas no estado do rio grande do norte/assistive technology and specific care in the granting of wheelchairs in rio grande do norte state. **Cadernos Brasileiros De Terapia Ocupacional**, v. 21, n. 1, 2013. <https://doi.org/10.4322/cto.2013.003>

Galvão Filho, T. A. A Tecnologia assistiva: de que se trata. **Conexões: Educação, Comunicação, Inclusão E Interculturalidade**, v. 1, p. 207–235, 2009.

Gefen, A. The biomechanics of sitting-acquired pressure ulcers in patients with spinal cord injury or lesions. **International Wound Journal**, v. 4, n. 3, p. 222–231, 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1742-481X.2007.00330.x>

Giesbrecht *et al.* Feasibility of the enhancing participation in the community by improving wheelchair skills (epic wheels) program: study protocol for a randomized controlled trial. **Trials**, v. 14, n. 1, p. 1–11, 2013. <https://doi.org/10.1186/1745-6215-14-350>

Gil-Agudo, A. *et al.* Comparative ergonomic assessment of manual wheelchairs by paraplegic users. **Disability And Rehabilitation: Assistive Technology**, v.

8, n. 4, p. 305–313, 2013. <https://doi.org/10.3109/17483107.2012.719060>

Gomes, A. F. *et al.* Habilidade e desempenho em cadeira de rodas afetam a qualidade de vida de pessoas com deficiência. **Disciplinarum Scientia Saúde**, v. 18, n. 3, p. 551–562, 2017.

Guedes, Terezinha Aparecida *et al.* Estatística descritiva. **Projeto de ensino aprender fazendo estatística**, p. 1-49, 2005.

Hernandez-Ossa, K. *et al.* Simulation System of electric-powered wheelchairs for training purposes. **Sensors**, v. 20, p. 3565, 24 jun. 2020. <https://doi.org/10.3390/s20123565>

Hernandez-Ossa, K. A. *et al.* Desenvolvimento de um sistema de realidade virtual para treinamento de uso de cadeira de rodas motorizada. **XIII Simposio Brasileiro De Automacao Inteligente**. 2017.

Hernandez-Ossa, K. A. *et al.* Virtual reality simulator for electric powered wheelchairs using a joystick. **Springer**. p. 729–736, 2019. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2119-1_112

Hewett, T. T. *et al.* Acm Sigchi Curricula For Human-Computer Interaction. **ACM**, 1992. <https://doi.org/10.1145/2594128>

Hu, Z.-J. *et al.* Wheelchair control system based on electromyography. **International Conference on Smart Vehicular Technology, Transportation, Communication and Applications**. Springer. p. 337–342, 2018. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04585-2_41

IBGE, I. B. De G. E E. Censo Demográfico 2010. **IBGE**. P. 1–259, 2010.

Ikeda, T. *et al.* Development of compact and lightweight stand-up powered wheelchair—fall risk analysis when at rest and decelerating. **International Journal Of Modeling And Optimization**, v. 9, n. 6, 2019. <https://doi.org/10.7763/IJMO.2019.V9.731>

Ingenium Channel. Klein, the man who invented everything from the electric wheelchair to the stem antenna. **Ingenium Channel**. Disponível em: <<https://ingeniumcanada.org/channel/innovation/klein-man-who-invented-everything-electric-wheelchair-stem-antenna>>. Acesso em: 27 set. 2020.

Ivo, R. M. Sistema de controle de cadeira de rodas motorizada para usuários portadores de tetraplegia. Trabalho de Conclusão de Curso. **Universidade de Brasilia**. 2016. Disponível em: <https://fga.unb.br/articles/0001/4673/Regina_Ivo_TCC1.pdf>. Acesso em: 18 de maio de 2020.

Jenkins, G. R.; Vogtle, L. K.; Yuen, H. K. Factors associated with the use of standardized power mobility skills assessments among assistive technology practitioners. **Assistive Technology**, v. 27, n. 4, p. 219–225, 2015. <https://doi.org/10.1080/10400435.2015.1030515>

John, N W *et al.* The Implementation and validation of a virtual environment for training powered wheelchair manoeuvres. **IEEE Transactions On Visualization And Computer Graphics**, v. 24, n. 5, p. 1867–1878, 2018. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2017.2700273>

John, Nigel W. *et al.* The implementation and validation of a virtual environment for training powered wheelchair manoeuvres. **Ieee Transactions On Visualization And Computer Graphics**, v. 24, n. 5, p. 1867–1878, 2018. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2017.2700273>

Kamaraj, D. C. *et al.* Interrater reliability of the power mobility road test in the virtual reality–based simulator-2. **Archives Of Physical Medicine And Rehabilitation**, v. 97, n. 7, p. 1078–1084, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2016.02.005>

Keeler, L. *et al.* Effectiveness of the wheelchair skills training program: a systematic review and meta-analysis. **Disability And Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 14, n. 4, p. 391–409, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/17483107.2018.1456566>>. Acesso em: 18 de junho de 2020. <https://doi.org/10.1080/17483107.2018.1456566>

Kilkens, O. J. E. *et al.* Relationship between manual wheelchair skill performance and participation of persons with spinal cord injuries 1 year after discharge from inpatient rehabilitation. **Journal Of Rehabilitation Research And Development**, v. 42, n. 3, p. 65, 2005. <https://doi.org/10.1682/JRRD.2004.08.0093>

Kirby, R. L. *et al.* Wheelchair-Related accidents caused by tips and falls among noninstitutionalized users of manually propelled wheelchairs in nova scotia. **American Journal Of Physical Medicine & Rehabilitation**, v. 73, n. 5, p. 319–330, 1994. <https://doi.org/10.1097/00002060-199409000-00004>

Kohatsu, G. L. *et al.* Benefício de prestação continuada e tecnologia assistiva: abordagem dos recursos na avaliação médico pericial e social. x epcc - encontro internacional de produção científica. Trabalho de Conclusão de Curso. **Unicesumar**. 2017. Disponível em: <<http://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789/1972>>. Acesso em: 16 de junho de 2020.

Lana, M. R. V.; Silva, P. C. S.; Barbosa, M. P. Analysis of the influence of an articulated seat position for wheelchair on the pressure distribution in the gluteal region. **Revista Brasileira De Engenharia Biomédica**, v. 30, n. 2, p. 114–126, 2014. <https://doi.org/10.1590/rbeb.2014.018>

Lange, M. L.; Grieb, E. Optimizing power wheelchair use through mobility training. **Reahbpub**. 2015. Disponível em: <<https://www.rehabpub.com/conditions/neurological/stroke-neurological/optimizing-power-wheelchair-use-mobility-training/>>. Acesso em: 10 maio 2020.

Lange, M. L.; Grieb, E. Optimizing power wheelchair use through mobility training. **Reahbpub**. 2015. Disponível em: <<https://www.rehabpub.com/conditions/neurological/stroke-neurological/optimizing-power-wheelchair-use-mobility-training/>>. Acesso em: 10 maio 2020.

Lanna Junior, M. História do movimento político das pessoas com deficiência no brasil-brasília: secretaria de direitos humanos. **Secretaria Nacional De Promoção Dos Direitos Da Pessoa Com Deficiência**. 2010.

Leaman, J.; La, H. M. A comprehensive review of smart wheelchairs: past, present, and future. **Ieee Transactions On Human-Machine Systems**, v. 47, n. 4, p. 486–499, 2017. <https://doi.org/10.1109/THMS.2017.2706727>

Leite, T. Orientação a objetos: aprenda seus conceitos e suas aplicabilidades de forma efetiva. **Editora Casa Do Código**, 2016.

Lino, P. De F. M. Proposta de criação de um espaço de discussão nos fóruns de reabilitação no sus/bh visando o monitoramento do uso de cadeiras de rodas concedidas aos usuários acompanhados pelo centro de referência em reabilitação leste e nasf-ab de referência: um projeto. **Escola De Saúde Pública Do Estado De Minas Gerais**. Monografia. 2018. Disponível em: <<http://repositorio.esp.mg.gov.br:8080/xmlui/handle/123456789/69>>. Acesso em: 10 jun. 2020.

Liu, H. *et al.* Evaluation of aluminum ultralight rigid wheelchairs versus other ultralight wheelchairs using ansi/resna standards. **Journal Of Rehabilitation Research & Development**, v. 47, n. 5, 2010. <https://doi.org/10.1682/JRRD.2009.08.0137>

Macgillivray, M. K. *et al.* Goal satisfaction improves with individualized powered wheelchair skills training. **Disability And Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 13, n. 6, p. 558–561, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/17483107.2017.1353651>>. Acesso em: 08 de maio de 2020. <https://doi.org/10.1080/17483107.2017.1353651>

Martins, F. R. Simulador para treinamento de cadeirantes em ambiente virtual acionado por comandos musculares e/ou visuais. Dissertação De Mestrado. **Universidade Federal de Uberlândia**. 2017. Disponível em: <<http://repositorio.ufu.br/handle/123456789/19705>>. Acesso em: 21 de maio de 2020.

Madeira, P. H. A *et al.* Aplicação do estudo da interface homem máquina em cadeiras de rodas motorizadas. 2008. 199p. Dissertação (mestrado) - **Universidade Estadual de Campinas**. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/264346>>. Acesso em: 15 de dez. de 2020.

Mazzotta, M. J. DA S.; D'Aantino, M. E. F. Inclusão social de pessoas com deficiências e necessidades especiais: cultura, educação e lazer. **Saúde e Sociedade**, v. 20, p. 377–389, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0104-12902011000200010>

McInnes, M. D. F. *et al.* Preferred reporting items for a systematic review and meta-analysis of diagnostic test accuracy studies: the PRISMA-DTA statement. **Jama**, v. 319, n. 4, p. 388–396, 2018.

Medola, F. O. *et al.* Análise da evolução tecnológica da cadeira de rodas: desafios e limitações. **XVIII Congresso Argentino De Bioingeniería Sabi 2011 - Vii Jornadas De Ingeniería Clínica**. 2011.

Melo, V. T. O papel do treinamento e do desenvolvimento na capacitação de recursos humanos nas empresas. Dissertação De Mestrado. **Universidade Federal de Pernambuco**. 2010. Disponível em: <

<https://attena.ufpe.br/handle/123456789/5414>>. Acesso em: 13 de junho de 2020.

OMS, O. M. De S. Classificação internacional da funcionalidade incapacidade e saúde: actividades e participação factores ambientais. **Organização Mundial de Saúde**. 2003. Disponível em: <http://www.periciamedicadf.com.br/cif2/cif_portugues.pdf>. Acesso em: 11 de maio de 2020.

OMS, O. M. De S. Diretrizes sobre o fornecimento de cadeiras de rodas manuais em locais com poucos recursos. **OMS GENEVA**. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43960/9789241547482_por.pdf;jsessionid=b5a5c4d575ee01db46b04f36713d481d?sequence=38>. Acesso em: 13 de junho de 2020.

Onuki, D. Sistema de Análise em Frequência de Filtros Analógicos. **Centro Universitário Positivo**, p. 72, 2005. Disponível em: <<https://www.up.edu.br/blogs/engenharia-da-computacao/wp-content/uploads/sites/6/2015/06/2005.6.pdf>>. Acesso em: 20 de out. 2020.

Ossada, V. A. Y. *et al.* The wheelchair and its essential components for the mobility of quadriplegic persons with spinal cord injury. **Acta Fisiátrica**, v. 21, n. 4, p. 162–166, 2015. <https://doi.org/10.5935/0104-7795.20140032>

Pettersson, C. *et al.* Men's and women's perspectives on using a powered mobility device: benefits and societal challenges. **Scandinavian Journal Of Occupational Therapy**, v. 21, n. 6, p. 438–446, 2014. <https://doi.org/10.3109/11038128.2014.905634>

PGVR2, J. PG Drivers Technology - Wheelchair Control System. **PGVR2**. Disponível em: <https://www.cw-industrialgroup.com/getattachment/439a3b95-d06f-4c98-bbd8-7f28cb9b1f71/vr2_brochure>. Acesso em: 20 out. 2020.

Pithon, T. *et al.* Wheelchair simulators: a review. **Technology And Disability**, v. 21, n. 1–2, p. 1–10, 2009. <https://doi.org/10.3233/TAD-2009-0268>

Quirino, T. R. Avaliação de processo na administração de treinamento de recursos humanos para a ciência e tecnologia. **Revista De Economia E Sociologia Rural**, v. 21, n. 4, p. 471–499, 2019.

Reis, C. V. Dos. Tecnologia assistiva na perspectiva das professoras de atendimento educacional especializado no sudeste goiano. Dissertação De Mestrado. **Universidade Federal de Goiás**. 2014. Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/549/o/tecnologia_assistiva_claudinei_vieira_dos_reis.pdf>. Acesso em: 24 de junho de 2020.

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. <https://doi.org/10.11606/issn.2238-6149.v16i3p97-104>

Rousseau-Harrison, K. *et al.* Impact of wheelchair acquisition on social participation. **Disability And Rehabilitation. Assistive Technology**, v. 4, p. 344–352, 2009. <https://doi.org/10.1080/17483100903038550>

- Rush, R. P. Sensation augmentation to relieve pressure sore formation in wheelchair users. **Proceedings of the 11th International ACM Sigaccess Conference on Computers and Accessibility**. p. 275–276. 2009. <https://doi.org/10.1145/1639642.1639713>
- Sairam, K.; Gunasekaran, N.; Redd, S. R. Bluetooth in wireless communication. **Ieee Communications Magazine**, v. 40, n. 6, p. 90–96, 2002. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2002.1007414>
- Salgado, D. P. *et al.* Realidade virtual e tecnologia assistiva: ambiente seguro para treinamento de cadeirantes controlado por sinais eletromiográficos. **IX Simpósio Em Engenharia Biomédica**, p. 86-89, 2016. <https://doi.org/10.17648/seb-2016-53282>
- Santa Cruz, P. S. *et al.* Proposal of Tests for Evaluation of Locomotion Skills. **Wheelchair Users. Brazilian Journal Of Education, Technology And Society**, v. 11, n. 1, p. 49–58, 2018.
- Sasaki, R. K. Como chamar as pessoas que têm deficiência. **Revista Da Sociedade Brasileira De Ostomizados**, ano i, n. 1, p. 1, 2003.
- Santos, L. S.; Santana, I. C.; Garção, D. C. Avaliação Ergonômica De Cadeira De Rodas De Crianças Com Paralisia Cerebral. **Semana de Pesquisa da Universidade Tiradentes-SEMPESq**, n. 16, 2014.
- Sawatzky, B. Wheeling in the new millennium: the history of the wheelchair and the driving forces in wheelchair design today. **Vancouver**, 2002.
- Scatolim, R. *et al.* Design E Tecnologia Assistiva: Contribuições para o Desenvolvimento De Cadeiras De Rodas Inteligentes. **Blucher Design Proceedings**, v. 2, n. 1, p. 461-469, 2015. <https://doi.org/10.5151/15ergodesign-06-E061>
- Schirmer, C. R. *et al.* Atendimento educacional especializado: deficiência física. **São Paulo: MEC/SEESP**, v. 1, p. 130, 2007.
- Schwartzman, J. S. Síndrome De Down. **São Paulo: Mackenzie**, v. 13, p. 14, 1999. <https://doi.org/10.1590/S0102-88391999000400012>
- Shore, S. The long-term impact of wheelchair delivery on the lives of people with disabilities in three countries of the world. **African Journal Of Disability (Online)**, v. 6, p. 1–8, 2017. <https://doi.org/10.4102/ajod.v6i0.344>
- Silva, A. De A. C. *et al.* Esporte adaptado: abordagem sobre os fatores que influenciam a prática do esporte coletivo em cadeira de rodas. **Revista Brasileira De Educação Física E Esporte**, v. 27, n. 4, p. 679–687, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1807-55092013005000010>
- Silva, O. M. Epopeia Ignorada: a história da pessoa deficiente no mundo de ontem e de hoje. **São Paulo: Cedas**, p. 130, 1987.
- Simonelli, A. P.; Jackson Filho, J. M. Análise da inclusão de pessoas com deficiência no trabalho após 25 anos da lei de cotas: uma revisão da literatura/Analysis of the inclusion of people with disabilities at work after 25 years of the publication of Brazilian law of quotas: a literature review. **Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional**, v. 25, n. 4, 2017.

<https://doi.org/10.4322/2526-8910.ctoAR1078>

Simpson, R. C.; Lopresti, E. F.; Cooper, R. A. How many people would benefit from a smart wheelchair? **Journal Of Rehabilitation Research & Development**, v. 45, n. 1, 2008. <https://doi.org/10.1682/JRRD.2007.01.0015>

Smith, E. M.; Sakakibara, B. M.; Miller, W. C. A review of factors influencing participation in social and community activities for wheelchair users. **Disability And Rehabilitation. Assistive Technology**, v. 11, n. 5, p. 361–374, 2016. <https://doi.org/10.3109/17483107.2014.989420>

Souza, E. Adequação de um ambiente virtual para treinamento de cadeirantes com deficiências visuais por meio de eletroencefalografia (EEG). Tese De Doutorado. **Universidade Federal de Uberlândia**. 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/20332>>. Acesso em: 15 de julho de 2020.

Supporty Med. Cadeira De Rodas Utilizada No Jogo De Basquete. **Supporty Med**. 2020. Disponível em: <<https://www.supportymed.com.br/cadeira-de-rodas-dinamica-basquete-ortomix>>. Acesso em: 27 set. 2020.

Tao, G.; Archambault, P. S. Powered wheelchair simulator development: implementing combined navigation-reaching tasks with a 3d hand motion controller. **Journal Of Neuroengineering And Rehabilitation**, v. 13, n. 1, p. 3, 2016. <https://doi.org/10.1186/s12984-016-0112-2>

Teixeira, A. M. F.; Ribeiro, S. M. Basquetebol em cadeira de rodas. **Paraolímpicos Do Futuro**, 2006.

Tu, C.-J. Et Al. Effectiveness and safety of wheelchair skills training program in improving the wheelchair skills capacity: a systematic review. **Clinical Rehabilitation**, v. 31, n. 12, p. 1573–1582, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/0269215517712043>>. Acesso em: 24 Set. 2020. <https://doi.org/10.1177/0269215517712043>

United_Nations. Realization of the sustainable development goals by, for and with persons with disabilities. **United Nations**. Disponível em: <<https://www.un.org/development/desa/disabilities/wp-content/uploads/sites/15/2018/12/un-flagship-report-disability.pdf>>. Acesso em: 27 Set. 2020.

Vailland, G. *et al*. Vestibular feedback on a virtual reality wheelchair driving simulator: a pilot study. **IEEE International Conference On Human-Robot Interaction**. p. 171–179. 2020. <https://doi.org/10.1145/3319502.3374825>

Valentini, C. Treinamento virtual para condução de cadeira de rodas motorizada na prática terapêutica. Dissertação de Mestrado. **Universidade Federal de Uberlândia**. 2019. Disponível em: <<http://clyde.dr.ufu.br/handle/123456789/26331>>. Acesso em: 27 Set. 2020.

Valentini, C. A. M. Protocolo para condução de cadeira de rodas motorizada usando realidade virtual. Dissertação de Mestrado. **Universidade Federal de Uberlândia**. 2019. Disponível em: <<http://clyde.dr.ufu.br/handle/123456789/26331>>. Acesso em: 27 Set. 2020.

Verburg, G. *et al.* Manus: the evolution of an assistive technology. **Technology And Disability**, v. 5, n. 2, p. 217–228, 1996. <https://doi.org/10.3233/TAD-1996-5209>

Vollenz Reabilitação. Os 5 principais tipos de cadeira de rodas e qual o modelo ideal para você. **Vollenz Reabilitação**. Disponível em: <<https://vollenz.com/os-5-principais-tipos-de-cadeira-de-rodas-e-qual-o-modelo-ideal-para-voce>>. Acesso em: 27 Set. 2020.

Wang, Y. T. *et al.* Immediate video feedback on ramp, wheelie, and curb wheelchair skill training for persons with spinal cord injury. **Journal Of Rehabilitation Research & Development**, v. 52, n. 4, 2015. <https://doi.org/10.1682/JRRD.2014.11.0286>

Wenxiu, L.; Hongliu, Y.; Meng, W. A variety of human-computer interactions of smart wheelchair. 2018, p. 246–248.

White, Nikki; Plunk, Jeffrey Kyle. Seat lift mechanism for a reclining chair. U.S. Patent n. 9,931,256, 3 Abr. 2018. **Google Patents**. 2018.

Wolfson, P. L. Enwheeled: two centuries of wheelchair design, from furniture to film. **Parsons The New School For Design**. 2014.

Younis, H. *et al.* Wheelchair training virtual environment for people with physical and cognitive disabilities. **15th International Conference On Emerging Technologies (ICET)**. 2019. <https://doi.org/10.1109/ICET48972.2019.8994550>

Zimmermann, L. A.; Hillman, M. R.; Clarkson, P. J. Wheelchairs: from engineering to inclusive design. **Include 2005**, p. 1–13, 2005.

APÊNDICES

APÊNDICE I

Questionário para entender a real necessidade do usuário de cadeira de rodas motorizada, em relação ao uso e à performance da mesma.

Sessão I – Questões Pessoais

- 1) Nome Completo:
- 2) Idade:
- 3) Sexo:

Sessão II – Questões de Saúde

- 1) Qual é a sua deficiência?
 - Física
 - Visual
 - Mental
 - Auditiva
 - Múltipla

- 2) Especificidade da deficiência
 - Monoplegia: paralisia em um membro do corpo
 - Hemiplegia: paralisia na metade do corpo;
 - Paraplegia: paralisia da cintura para baixo;
 - Tetraplegia: paralisia do pescoço para baixo;
 - Amputado: falta de um membro do corpo;
 - Paralisia Cerebral: lesão de uma ou mais áreas do sistema nervoso central;
 - Distrofia Muscular;
 - Esclerose Múltipla;
 - Esclerose Amiotrófica Lateral;
 - Lesão Medular;
 - Outro

3) Qual o tempo de deficiência?

Sessão III – Questões Específicas

- 1) Você faz uso da cadeira de rodas motorizada a muito tempo?
- 2) Você considera que a mesma traz benefícios? Quais?
- 3) Quais atividades você faz utilizando a cadeira de rodas motorizada?
- 4) Tem algum lugar que você gostaria de ir com mais frequência e não vai por algum motivo? Se sim, quais seriam estes motivos?
- 5) Você tem uma cadeira de rodas motorizada?
- 6) Você teve e/ou possui dificuldades para comandar a cadeira de rodas motorizadas usando joystick?
- 7) Você teve dificuldades com subidas e descidas, quando começou a utilizar a cadeira?
- 8) Você teve algum tipo de treinamento antes de começar a utilizar a cadeira de rodas motorizada?
- 9) Na sua opinião, se existisse um treinamento prévio para comando da cadeira, poderia ter auxiliado? Porque?
- 10) Você acha que algo pode ser melhorado na cadeira de rodas? Qual sua sugestão?

APÊNDICE II

Opinião dos voluntários após treinamento utilizando o sistema proposto

Durante as coletas de dados desta pesquisa foram recrutados dois voluntários hígidos para realização de tarefas em um percurso, utilizando a CRM e o sistema acoplado na mesma, para coleta de dados. Ao fim das sessões propostas, os voluntários foram convidados a relatar sua experiência e esta encontra-se abaixo.

Voluntário 1:

"Quando cheguei ao ambiente, imaginei que conseguiria fazer rapidamente e com poucos comandos. Na primeira virada, percebi que não era tão simples me manter dentro as linhas propostas e comandar com precisão a cadeira. A medida que fui evoluindo no trajeto, onde tinha cones, viradas seguidas, movimentação em U e obstáculos, percebi realmente que conduzia muito mal e muitas vezes fiquei nervosa por não estar indo tão bem e com medo de colidir com algum dos obstáculos. O barulho que ouvimos quando estamos perto de algum obstáculo é chamativo e ajudou principalmente na hora que estava dando ré. Não percebi que estava utilizando um sistema e este não chamou minha atenção em nenhum momento da realização do percurso, então me concentrei totalmente na atividade proposta. Percebi que nas últimas sessões, consegui fazer mais rápido, mas a precisão dos comandos ainda é desafiador. Acredito que se fizesse mais vezes, o meu desempenho iria melhorar bastante"

Voluntário 2:

"De início pensei que seria fácil realizar todo o percurso com a cadeira. Entretanto, minhas primeiras voltas não foram boas. Leva um certo tempo para se adaptar à sensibilidade do joystick e à resposta da cadeira. Após algumas voltas comecei a me acostumar com os comandos e, com o auxílio sonoro, consegui melhorar gradativamente. O sistema em si não me distraiu e nem teve

minha atenção, o que considerei importante, pois qualquer distração poderia impactar no meu rendimento."

ANEXOS

ANEXO I

PARECER COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Proposta de ferramenta de treinamento virtual para condução de cadeira de rodas motorizada

Pesquisador: Eduardo Lazaro Martins Naves

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 86694117.4.0000.5152

Instituição Proponente: Faculdade de Engenharia Elétrica

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.706.910

Apresentação do Projeto:

Trata-se de análise de respostas às pendências apontadas no parecer consubstanciado número 2.646.111, de 09 de Maio de 2018.

Conforme apresenta o protocolo: O projeto de pesquisa intitulado "Proposta de ferramenta de treinamento virtual para condução de cadeira de rodas motorizada" será desenvolvido pela Faculdade de Engenharia Elétrica, do Núcleo de Tecnologias Assistivas. Apresenta uma preocupação com indivíduos com deficiências, no Brasil, embora não haja um estudo concreto que determine este número, estima-se, entre os fabricantes de cadeiras de rodas, um número superior a 3,5 milhões de brasileiros que utilizam a tecnologia. Em função destas expectativas, percebeu-se um crescimento na demanda por dispositivos de Tecnologia Assistiva (TA).

Estes dispositivos têm como objetivo promover auxílio à pessoa com deficiência na execução de suas atividades diárias, as quais esta não pode executar de forma não assistida, como, por exemplo, locomover-se de forma independente.

A partir da incorporação da cadeira de rodas motorizada, suas normas de indicação e prescrição, essa tecnologia trouxe tamanha contribuição para a possibilidade de ofertar a mobilidade independente para indivíduos, ampliando as possibilidades e a inserção social, além de permitir ao mesmo alcançar um nível significativo de mobilidade, autonomia e independência.

Os usuários identificam dificuldades em acessar edifícios públicos, ou quando são confrontados

Endereço: Av. João Naves de Ávila 2121- Bloco "1A", sala 224 - Campus Sta. Mônica
Bairro: Santa Mônica **CEP:** 38.408-144
UF: MG **Município:** UBERLÂNDIA
Telefone: (34)3239-4131 **Fax:** (34)3239-4335 **E-mail:** cep@propp.ufu.br

com barreiras e circunstâncias imprevistas, sendo que estes novos usuários geralmente só experimentam problemas quando estão aprendendo a manobrar sua cadeira e isso pode limitar a participação da comunidade.

Neste contexto, o uso de simuladores de Realidade Virtual (RV) pode se apresentar como uma solução interessante, na qual o indivíduo possa treinar e se adaptar à tecnologia em uma situação completamente segura e livre de riscos.

Objetivo da Pesquisa:

O Projeto de Pesquisa apresenta como objetivo geral:

Aplicar e avaliar o uso do recurso de treinamento em Realidade Virtual, a partir da criação de um simulador virtual, na transferência de habilidades para usuários de cadeira de rodas motorizadas.

E objetivos específicos:

- Avaliar a resposta dos usuários à ferramenta proposta, tanto qualitativamente quanto quantitativamente.
- Melhorar a transferência de habilidades fornecida pelo simulador.
- Avaliar o protocolo experimental.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O projeto apresentou como risco que os participantes da pesquisa serão identificados por um número para manter sua identidade em sigilo, de acordo com a Resolução 466/12. Além disso, os dados de cada voluntário serão armazenados de forma segura, com acesso restrito e controlado pelo coordenador da pesquisa.

É possível que ao decorrer da pesquisa o participante esteja sujeito aos seguintes eventos:

Risco 1 – Poderá surgir fadiga mental e ou motora no usuário em razão do uso/manuseio do joystick após um período de tempo prolongado;

Estratégia 1 – Breve pausa para recuperação antes de retomar as atividades ou teste, ou interromper os experimentos;

Risco 2 – Poderá surgir desconforto em razão de inadequação postural pelo dispositivo utilizado (cadeira de rodas motorizada);

Endereço: Av. João Naves de Ávila 2121- Bloco "1A", sala 224 - Campus Sta. Mônica
Bairro: Santa Mônica **CEP:** 38.408-144
UF: MG **Município:** UBERLÂNDIA
Telefone: (34)3239-4131 **Fax:** (34)3239-4335 **E-mail:** cep@propp.ufu.br

Continuação do Parecer: 2.706.910

Estratégia 2 – Fornecer ferramentas para adequação da postura (cinto de segurança) Risco 3 – Possibilidade mínima de identificação dos participantes da pesquisa;

Estratégia 3 – Comprometimento da equipe de pesquisadores ao sigilo, através de códigos de identificação para os participantes.

O projeto apresentou como benefícios avaliar se o treinamento virtual auxiliou os participantes nas tarefas treinadas com uma cadeira de rodas motorizada, dessa forma melhorando suas habilidades de condução e minimizando os riscos inerentes ao ato de conduzir a mesma, permitindo assim que esta ferramenta seja disponibilizada para outros centros de pesquisa e reabilitação a fim de auxiliar outros usuários de cadeira de rodas no processo de adaptação à mesma.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto apresenta que:

- O público da pesquisa será recrutado na Associação de Assistência à Criança Deficiente (AACD) de Uberlândia;

- A amostra será com 20 indivíduos, com idade entre 18 e 90 anos; que possuem lesão medular com seqüela de tetraparesia ou tetraplegia, ou seja, indivíduos com comprometimento total dos membros inferiores e parcial dos membros superiores.

- A proposta trata de um estudo experimental com dois grupos, sendo o primeiro grupo aqueles usuários que irão passar por treinamento com simulador usando joystick convencional e em seguida irão fazer o teste, e o segundo grupo aqueles usuários que não irão utilizar o simulador virtual e em seguida irão fazer o teste.

- A pesquisa se divide em duas etapas:

a) Aplicação do instrumento para avaliação da condução em cadeira de rodas motorizada, nos testes pré e pós treinamento, será uma adaptação do Power Mobility Road Test (PMRT), contém 16 tarefas, as quais foram elaboradas a partir de uma combinação de três escalas de avaliação de desempenho em cadeira de rodas: O Power-Mobility Indoor Driving Assessment (PIDA), Functional Evaluate Scale (FES), e Power Mobility Functional Evaluation Tasks (PMFES).

b) Serão coletados parâmetros como o número de comandos dados no joystick (através de software conectado a CRM), número de colisões feitas durante o percurso (através de gravações em vídeo do experimento e sua posterior transcrição) e tempo para execução da tarefa (através de cronometragem). Serão também observados através das filmagens, alguns parâmetros

Endereço: Av. João Naves de Ávila 2121- Bloco "1A", sala 224 - Campus Sta. Mônica
Bairro: Santa Mônica **CEP:** 38.408-144
UF: MG **Município:** UBERLÂNDIA
Telefone: (34)3239-4131 **Fax:** (34)3239-4335 **E-mail:** cep@propp.ufu.br

qualitativos, sendo eles: capacidade cognitiva, visual, auditiva e motora.

Como critérios de inclusão:

- Indivíduos que estejam na faixa etária entre 18 e 90 anos;
- Indivíduos que possuem lesão medular com seqüela de tetraparesia ou tetraplegia, ou seja, indivíduos com comprometimento total dos membros inferiores e parcial dos membros superiores.
- Indivíduos elegíveis para receber a cadeira de rodas motorizada, segundo a portaria 1272 do Ministério da Saúde;

Critério de Exclusão:

- Ter consumido álcool nas últimas 24hrs antes do experimento;
- Ter consumido medicamentos que possam causar sonolência;
- Não compreender as instruções fornecidas para a realização das tarefas.
- Indivíduos que possuem o quadro clínico apresentado no critério de inclusão, mas que já tenha recebido a cadeira motorizada e/ou já tenha experiência na condução da mesma.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os Termos de apresentação obrigatória estão incluídos na Plataforma e estão adequadamente preenchidos e assinados. Incluem:

- a)Folha de Rosto preenchida e assinada pelo pesquisador principal Eduardo Lazaro Martins Naves e pelo Diretor Substituto Carlos Augusto Bissochi Junior da Faculdade de Engenharia Elétrica;
- b) Declaração da Instituição Co-participante, assinada pelo médico fisiatra João Eduardo Almeida da Associação de Assistência à Criança Deficiente (AACD) de Uberlândia;
- c) Termo de compromisso da equipe executora, estando devidamente assinado pelo quatro pesquisadores;
- e) Link e Currículo lates do pesquisador responsável e dos assistentes de pesquisa;
- f) Termo de Consentimento Livre e Esclarecido -TCLE;
- g) Projeto de Pesquisa.

Endereço: Av. João Naves de Ávila 2121- Bloco "1A", sala 224 - Campus Sta. Mônica
Bairro: Santa Mônica **CEP:** 38.408-144
UF: MG **Município:** UBERLÂNDIA
Telefone: (34)3239-4131 **Fax:** (34)3239-4335 **E-mail:** cep@propp.ufu.br

Continuação do Parecer: 2.706.910

Recomendações:

Não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

As pendências apontadas no parecer substanciado número 2.646.111, de 09 de Maio de 2018, foram atendidas.

De acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS 466/12, o CEP manifesta-se pela aprovação do protocolo de pesquisa proposto.

O protocolo não apresenta problemas de ética nas condutas de pesquisa com seres humanos, nos limites da redação e da metodologia apresentadas.

Considerações Finais a critério do CEP:

Data para entrega de Relatório Final ao CEP/UFU: Dezembro de 2019.

OBS.: O CEP/UFU LEMBRA QUE QUALQUER MUDANÇA NO PROTOCOLO DEVE SER INFORMADA IMEDIATAMENTE AO CEP PARA FINS DE ANÁLISE E APROVAÇÃO DA MESMA.

O CEP/UFU lembra que:

- a- segundo a Resolução 466/12, o pesquisador deverá arquivar por 5 anos o relatório da pesquisa e os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido, assinados pelo sujeito de pesquisa.
- b- poderá, por escolha aleatória, visitar o pesquisador para conferência do relatório e documentação pertinente ao projeto.
- c- a aprovação do protocolo de pesquisa pelo CEP/UFU dá-se em decorrência do atendimento a Resolução CNS 466/12, não implicando na qualidade científica do mesmo.

Orientações ao pesquisador :

- O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 466/12) e deve receber uma via original do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado.
- O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS 466/12), aguardando seu parecer, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de regime oferecido a um dos

Endereço: Av. João Naves de Ávila 2121- Bloco "1A", sala 224 - Campus Sta. Mônica
Bairro: Santa Mônica **CEP:** 38.408-144
UF: MG **Município:** UBERLÂNDIA
Telefone: (34)3239-4131 **Fax:** (34)3239-4335 **E-mail:** cep@propp.ufu.br

Continuação do Parecer: 2.706.910

grupos da pesquisa que requeiram ação imediata.

- O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS 466/12). É papel de o pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.
- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projetos do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma, junto com o parecer aprobatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res.251/97, item III.2.e).

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1012915.pdf	23/05/2018 19:08:33		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_comite_corrigidocep.docx	23/05/2018 19:08:10	Felipe Roque Martins	Aceito
Outros	anexo_II.docx	23/05/2018 19:05:02	Felipe Roque Martins	Aceito
Parecer Anterior	pendencias_CEP.docx	23/05/2018 19:04:12	Felipe Roque Martins	Aceito
Folha de Rosto	rostho.pdf	02/04/2018 16:39:01	Felipe Roque Martins	Aceito
Outros	lattes_felipe.pdf	06/03/2018 22:11:06	Felipe Roque Martins	Aceito
Outros	lattes_eduardo.pdf	06/03/2018 22:06:52	Felipe Roque Martins	Aceito
Outros	lattes_eder.pdf	06/03/2018 21:55:31	Felipe Roque Martins	Aceito
Outros	lattes_caroline.pdf	06/03/2018 21:54:45	Felipe Roque Martins	Aceito
Declaração de Pesquisadores	termo_compromisso.jpg	06/03/2018 21:12:33	Felipe Roque Martins	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	coparticipante_ufu.pdf	06/03/2018 21:08:30	Felipe Roque Martins	Aceito
Declaração de Instituição e	coparticipante_aacd.pdf	06/03/2018 21:08:20	Felipe Roque Martins	Aceito

Endereço: Av. João Naves de Ávila 2121- Bloco "1A", sala 224 - Campus Sta. Mônica
Bairro: Santa Mônica **CEP:** 38.408-144
UF: MG **Município:** UBERLÂNDIA
Telefone: (34)3239-4131 **Fax:** (34)3239-4335 **E-mail:** cep@propp.ufu.br

Continuação do Parecer: 2.706.910

Infraestrutura	coparticipante_aacd.pdf	06/03/2018 21:08:20	Felipe Roque Martins	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle_2018.doc	06/03/2018 21:08:08	Felipe Roque Martins	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

UBERLÂNDIA, 12 de Junho de 2018

Assinado por:
Karine Rezende de Oliveira
(Coordenador)

Endereço: Av. João Naves de Ávila 2121- Bloco "1A", sala 224 - Campus Sta. Mônica
Bairro: Santa Mônica **CEP:** 38.408-144
UF: MG **Município:** UBERLÂNDIA
Telefone: (34)3239-4131 **Fax:** (34)3239-4335 **E-mail:** cep@propp.ufu.br

ANEXO II

DEPÓSITO DE PATENTE NO INPI



15/04/2020 870200047463
15:59



29409161915957280

Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2020 007490 3

Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 1

Nome ou Razão Social: UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Tipo de Pessoa: Pessoa Jurídica

CPF/CNPJ: 25648387000118

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Jurídica: Instituição de Ensino e Pesquisa

Endereço: Av. João Naves de Ávila, 2121 - Campus Santa Mônica - Reitoria

Cidade: Uberlândia

Estado: MG

CEP: 38400-902

País: Brasil

Telefone: (34)3239 4977

Fax:

Email: propriedade@intelecto.ufu.br

**PETICIONAMENTO
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Peticionamento Eletrônico em 15/04/2020 às 15:59, Petição 870200047463

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): DISPOSITIVO PARA TREINAMENTO DE USUÁRIOS DE CADEIRA DE RODAS MOTORIZADA

Resumo: A presente invenção se trata de um dispositivo que tem como objetivo realizar o controle e movimentação da cadeira de rodas motorizada, além do monitoramento de três métricas importantes, que são: número de comandos, número de colisões e tempo gasto para realizar determinado percurso. Para isto, foi necessário desenvolver um código de rastreamento e acoplar um Arduino no Joystick da CRM, para que um par de coordenadas fosse obtido, identificando para qual direção o usuário deseja realizar a movimentação, sendo que estas direções podem ser: parado, frente, traz, direita, esquerda, diagonal superior direita, diagonal inferior direita, diagonal inferior esquerda e diagonal superior esquerda.

Figura a publicar: 1

**PETICIONAMENTO
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Peticionamento Eletrônico em 15/04/2020 às 15:59, Petição 870200047463

Dados do Inventor (72)

Inventor 1 de 3

Nome: EDUARDO LÁZARO MARTINS NAVES
CPF: 69133956634
Nacionalidade: Brasileira
Qualificação Física: Professor do ensino superior
Endereço: Rua Planalto 120 apto 803, bloco A
Cidade: Uberlândia
Estado: MG
CEP: 38408-064
País: BRASIL
Telefone:
Fax:
Email: eduardonaves@ufu.br

Inventor 2 de 3

Nome: EDGARD AFONSO LAMOUNIER JUNIOR
CPF: 48181803604
Nacionalidade: Brasileira
Qualificação Física: Professor do ensino superior
Endereço: Rua dos Pica Paus 1750
Cidade: Uberlândia
Estado: MG
CEP: 38412-246
País: BRASIL
Telefone:
Fax:
Email:

Inventor 3 de 3

**PETICIONAMENTO
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Peticionamento Eletrônico em 15/04/2020 às 15:59, Petição 870200047463

Nome: DANIELA DE CASSIA SILVA

CPF: 11288171609

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Mestrando

Endereço: Av. Ana Godoy de Sousa 155

Cidade: Uberlândia

Estado: MG

CEP: 38408-290

País: BRASIL

Telefone:

Fax:

Email: danielasilvaufu@gmail.com

Documentos anexados

Tipo Anexo	Nome
Comprovante de pagamento de GRU 200	GRU.pdf
declarações de inventor	declarações.pdf
Relatório Descritivo	RELATORIO DESCRITIVO.pdf
Reivindicação	REIVINDICAÇÕES.pdf
Desenho	FIGURAS.pdf
Resumo	RESUMO.pdf

Acesso ao Patrimônio Genético

- Declaração Negativa de Acesso - Declaro que o objeto do presente pedido de patente de invenção não foi obtido em decorrência de acesso à amostra de componente do Patrimônio Genético Brasileiro, o acesso foi realizado antes de 30 de junho de 2000, ou não se aplica.

Declaração de veracidade

- Declaro, sob as penas da lei, que todas as informações acima prestadas são completas e verdadeiras.

**PETICIONAMENTO
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Petição Eletrônica em 15/04/2020 às 15:59, Petição 870200047463

REGISTRO DE PROGRAMA DE COMPUTADOR NO INPI



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA ECONOMIA

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
DIRETORIA DE PATENTES, PROGRAMAS DE COMPUTADOR E TOPOGRAFIAS DE CIRCUITOS INTEGRADOS

Certificado de Registro de Programa de Computador

Processo Nº: **BR512020000438-5**

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial expede o presente certificado de registro de programa de computador, válido por 50 anos a partir de 1º de janeiro subsequente à data de 09/03/2020, em conformidade com o §2º, art. 2º da Lei 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998.

Título: IMBOX - Treinamento para usuários de cadeira de rodas motorizada

Data de publicação: 09/03/2020

Data de criação: 20/02/2020

Titular(es): UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Autor(es): EDUARDO LÁZARO MARTINS NAVES; DANIELA DE CASSIA SILVA; EDGAR AFOSNO LAMOUNIER JÚNIOR

Linguagem: C#; OUTROS

Campo de aplicação: SD-01; SD-06; SD-09

Tipo de programa: AV-01; DS-04; GI-04

Algoritmo hash: SHA-512

Resumo digital hash:

DA69B4ECED74BAA86FBF115E6CF081B65AEBC99619DD42897EEB91EF85AC29919C6D8609D784D45B002DAA8D4C1F8751BB4C08FB361390BD1C47A6EF204A430F

Derivação autorizada: Sim. Na qualidade de titular dos direitos patrimoniais de autor que recaem sobre o Programa de Computador acima citado, em observância à Instrução Normativa n. 47, de 22 de janeiro de 2016, autorizo o INPI a reproduzi-lo para cópia diferenciada da original, mediante cópia digital ou por qualquer outro meio ou suporte que se faça necessário, incluindo a aplicação de métodos de compressão e criptografia, para fins de preservação do conteúdo.

Expedido em: 17/03/2020

Aprovado por:



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA ECONOMIA
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
DIRETORIA DE PATENTES, PROGRAMAS DE COMPUTADOR E TOPOGRAFIAS DE CIRCUITOS INTEGRADOS
Helmar Alvares
Chefe da DIPTO - Portaria/INPI/DIRPA Nº 09, de 01 de julho de 2019



ANEXO IV

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa intitulada: “*Um Sistema para Avaliação de Desempenho de Usuários de Cadeira de Rodas Motorizada*”, sob a responsabilidade da aluna de Pós Graduação em Engenharia Biomédica, Daniela de Cássia Silva, o Orientador da pesquisa, Edgard Lamounier, e o Co-orientador da pesquisa, Eduardo Naves.

O objetivo desta pesquisa é: projetar um sistema, composto por um equipamento e software, para aquisição de métricas de desempenho de condução de CRM ("tempo", "número de comandos" e "número de colisões"), durante as atividades de treinamento propostas no ambiente real.

O presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido será fornecido pela pesquisadora Daniela de Cássia Silva e deverá ser apresentado antes da realização do experimento no Núcleo de Tecnologias Assistivas da Universidade Federal de Uberlândia.

Sua participação no referido estudo será no sentido de ser voluntário da pesquisa, participando das sessões de treinamento propostas pelos pesquisadores. Este treinamento é composto por realizar uma série de tarefas utilizando a cadeira de rodas motorizada.

Você receberá todos os esclarecimentos em relação à pesquisa e as atividades propostas. É alertado de que, da pesquisa a se realizar, não há nenhum risco para a sua saúde, física e mental.

Entende que sua privacidade será respeitada, ou seja, meu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, me identificar, será mantido em sigilo.

Os pesquisadores envolvidos com o referido projeto são: Daniela de Cássia Silva, Eduardo Naves e Edgard Lamounier, e com eles poderei manter contato pelo telefone (34) 992661973 e (34) 3239-4769; ou via e-mail, através do endereço eletrônico: danielasilvaufu@gmail.com; e através da Universidade Federal de Uberlândia: Av. João Naves de Ávila, no 2121, bloco A, sala 220, Campus Santa Mônica – Uberlândia –MG

É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como é garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o

estudo e suas conseqüências, enfim, tudo o que eu queira saber antes, durante e depois da minha participação.

Você não terá nenhum gasto e ganho financeiro por participar na pesquisa.

Uma cópia deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido ficará com você, e a segunda cópia será arquivada pelos pesquisadores.

Enfim, tendo sido orientado quanto ao teor de todo o aqui mencionado e compreendido a natureza e o objetivo do já referido estudo, manifesto meu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por minha participação.

Uberlândia, 20 de Maio de 2020.

Edgard Afonso Lamounier Júnior

Eduardo Lázaro Martins Naves

Daniela de Cássia Silva

Eu aceito participar do projeto citado acima, voluntariamente, após ter sido devidamente esclarecido.

Participante da pesquisa

ANEXO V

POWER MOBILITY ROAD TEST - ADAPTADO

Nome participante: _____ Identificação: _____

Teste: _____

Data: _____ Horário Início: _____ Horário Final: _____

Tempo Total: _____

Elementos/Tarefas		Pontuação				Comentários	N Colisões	N Comandos	Tempo Tarefa
		4	3	2	1				
1	Aproximando de pessoas/móveis sem bater neles								
2	Iniciando e parando a cadeira de rodas à vontade								
3	Passando pelas portas sem bater nas paredes								
4	Fazendo curva para direita de 90°								
5	Fazendo curva para esquerda de 90°								
6	Condução direta em uma área aberta (4,5m)								
7	Condução direta em uma área aberta (3,0m)								
8	Virando 180° (curva em U)								
9	Iniciando e parando a cadeira mediante solicitação								
10	Virando para direita e para a esquerda								
11	Dirigir direto para frente em um corredor								
12	Manobra entre objetos								
	Total nas colunas					Total nas colunas			
						Pontuação por elemento (%)			

Pontuação:

4: Completamente independente: desempenho ideal, capaz de executar a tarefa de uma maneira suave e segura.

3: Completa a tarefa de forma hesitante, requer várias tentativas, requer restrição de velocidade e/ou colide parede, objetos, etc, levemente (sem causar danos).

2: Colide com objetos e pessoas de uma forma que causa danos ou pode causar danos ao motorista, outras pessoas ou a objetos.

1: Não foi possível concluir a tarefa: motivo: _____. Por exemplo, pode exigir pistas verbais e/ou visuais ou assistência física.