



AMBIENTE BASEADO EM FERRAMENTA ROBÓTICA PARA AUXÍLIO
EDUCACIONAL DE ALUNOS COM DISLEXIA

Jomar Ferreira Monsores

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de mestre.

Orientador: João Roberto de Toledo Quadros

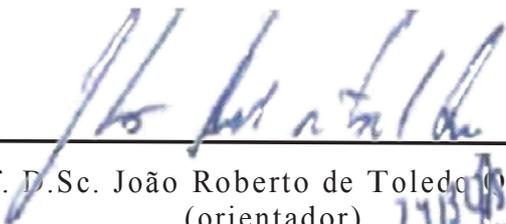
Rio de Janeiro
Dezembro de 2020

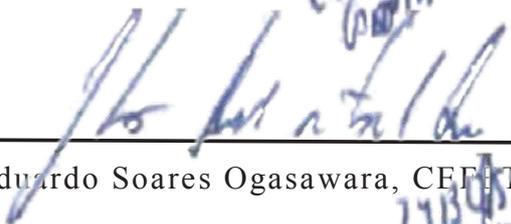
AMBIENTE BASEADO EM FERRAMENTA ROBÓTICA PARA AUXÍLIO
EDUCACIONAL DE ALUNOS COM DISLEXIA

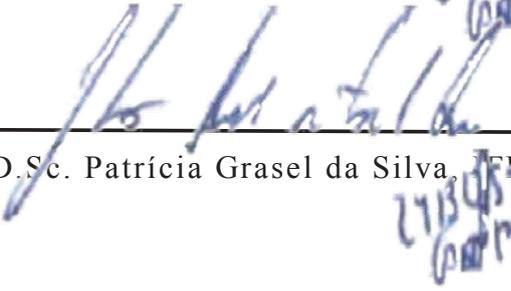
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título em Mestre em Ciência da Computação.

Jomar Ferreira Monsores

Banca Examinadora:


Presidente, Prof. D.Sc. João Roberto de Toledo Quadros, CEFET/RJ
(orientador)


Prof. D.Sc. Eduardo Soares Ogasawara, CEFET/RJ


Profa. D.Sc. Patrícia Grasel da Silva, CEFET/RJ

Rio de Janeiro
Dezembro de 2020

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

Monsores, Jomar Ferreira

Ambiente baseado em ferramenta robótica para auxílio educacional de alunos com dislexia / Jomar Ferreira
Monsores – 2020.

x, 68 f; enc.

Dissertação (Mestrado), Centro Federal de Educação
Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2020.

Bibliografia: f, 56–60

1. Robótica; 2. Dislexia; 3. Educação

DEDICATÓRIA

“Quero dedicar e agradecer aos meus filhos Lyandra Constantino Monsores e Lyan Constantino Monsores que fortalecem o meu espírito de luta de forma especial na minha vida e me dão motivos para que eu busque sempre evoluir e agradeço também, as minhas irmãs Sandra Ferreira Monsores e Conceição Ferreira Monsores, que me deram o suporte complementar a este projeto e a meus pais João Cardozo Monsores e Marlene Ferreira Monsores (em memória), a quem eu agradeço por todos os ensinamentos, que garantem a minha forma de buscas e conquistas durante a vida. Em especial, quero dedicar ao meu amigo e compadre Orlando de Araújo, que sempre me acompanhou nos projetos de estudos (graduação, MBA e mestrado) e por conta do seu falecimento, não estará presente no término deste projeto”.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador prof. João Roberto de Toledo Quadros, por sua dedicação incondicional no ensinamento, orientação, estímulo, amizade e total apoio em diversos momentos de dificuldades que encontrei no desenvolvimento desse projeto, apresentando as soluções necessárias para a continuidade e finalização do projeto.

Aos amigos prof. Carlos Otávio Schocair, prof. Ivan Mathias Filho e sra. Diva Maria Braz Soeiro, que me deram apoio direto para o desenvolvimento desse projeto.

Aos meus amigos, que contribuíram e estiveram presentes na minha vida, motivando e ajudando quando necessário em mais esta etapa.

Aos companheiros de curso, em que nas disciplinas do programa e pesquisas, tive a oportunidade de conhecer e contar com o apoio, o prazer de poder compartilhar conhecimentos e relacionamento de amizade. A essas pessoas ofereço minha eterna gratidão, pelo desenvolvimento e conclusão desse projeto de grande importância.

RESUMO

AMBIENTE BASEADO EM FERRAMENTA ROBÓTICA PARA AUXÍLIO EDUCACIONAL DE ALUNOS COM DISLEXIA

Um ambiente de robótica, voltado para o auxílio de pessoas que possuem dislexia é apresentado, tanto para o auxílio a leitura quanto na alfabetização de pessoas. A proposta do ambiente é ser inclusivo, o que faz com que ele seja utilizado também para pessoas sem dislexia. Esse ambiente é lúdico, voltado para uma visão de jogo, sem ser competitivo, mas colaborativo. Ele é composto de um robô, um tabuleiro (com símbolos) e um aplicativo, com ênfase na perspectiva de aprendizado dos usuários-alvo. A ideia desse ambiente se baseia na concepção de que, o cérebro de uma pessoa com dislexia se adapta melhor a métodos de ensinamentos voltados para tridimensionalidade, movimento e percepção espacial. Pretende-se que esse recurso possa ser aplicado em ambientes que não possuam estrutura didático-pedagógica completa para atuar como auxílio a pessoas portadoras de dislexia. Por ser um recurso educacional de baixo custo, seu uso se adequará a ambientes com recursos financeiros limitados, como, por exemplo, escolas públicas ou escolas com muitos estudantes em zona de carência. A efetividade desse recurso na alfabetização e auxílio de leitura de estudantes com dislexia, pode ser vista na aplicação dos testes, nos quais esse ambiente foi utilizado como recurso educacional inclusivo, atuando na alfabetização ou ajuda a leitura tanto de pessoas com, quanto sem dislexia.

Palavras-chave: Robótica; Dislexia; Educação

ABSTRACT

ENVIRONMENT BASED ON ROBOTIC TOOL FOR EDUCATIONAL ASSISTANCE OF STUDENTS WITH DYSLEXIA

A robotics environment, aimed at helping people with dyslexia, is presented, both for the aid of reading and for the literacy of people. The proposal of the environment is to be inclusive, which makes it also used for people without dyslexia. This environment is playful, focused on a vision of play, without being competitive, but collaborative. It is composed of a robot, a board (with symbols) and an application, with emphasis on the learning perspective of the target users. The idea of this environment is based on the conception that, the brain of a person with dyslexia is better adapted to methods of teachings focused on three-dimensionality, movement and spatial perception. It is intended that this resource can be applied in environments that do not have a complete didactic-pedagogical structure to act as an aid to people with dyslexia. Because it is a low-cost educational resource, its use will be adapted to environments with limited financial resources, such as public schools or schools with many students in need. The effectiveness of this resource in literacy and reading aid for students with dyslexia can be seen in the application of the tests in which this environment has been used as an inclusive educational resource, acting in literacy or reading aid for both people with and without dyslexia.

Keywords: Robotics; Dyslexia; Education

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Ambiente RoboDIL. Composto pelo Robô, o Tabuleiro e o Aplicativo.28
- Figura 2 - Shield utilizado para o robô do RoboDIL, com seus motores DC, painel de pilhas, rodas de movimento e roda de apoio30
- Figura 3 - Outros componentes do robô, uma bateria de 9V com plug de conexão, um par de rodas mais finas, uma placa de interface Arduino UNO R3, um sensor bluetooth HC-05, uma ponte H L298N e um sensor de cores TCS230 RGB.30
- Figura 4 - Esquema de ligação dos componentes do Robô, apresentando a interface Arduino UNO R3, o sensor bluetooth HC-05, a ponte H L298N, os dois motores de 12V e o sensor de cores TCS230.31
- Figura 5 - Exemplo do robô com o shield montado junto aos componentes da figura 4. O sensor de cores está na ponta maior do shield (considerado a frente do Robô), e montado abaixo, para captar as cores.31
- Figura 6 - Exemplo de 3 modelos possíveis de diferentes configurações do Tabuleiro possíveis, nos quais cada símbolo é associado a mesma cor, em todas as configurações.32
- Figura 7 - Tabuleiro Artesanal com blocos de letras com cores diferenciadas, para casos de dislexia de superfície (podendo ser utilizado em casos de dislexia fonológica).....33
- Figura 8 - Modelo de diagrama de classe em UML, contendo os 3 principais componentes do RoboDIL: Aplicativo, Robô e Tabuleiro.....34
- Figura 9 - Exemplo de código teste inserido no kernel do microcontrolador do Robô do RoboDIL.....36
- Figura 10 - Exemplo de código escrito em blocos do MIT AppInventor para o Aplicativo utilizado em dispositivos móveis.....36

Figura 11 - Tela que vai aparecer no dispositivo móvel, com os comandos de movimento do robô, inclusive com o símbolo de parada, e o símbolo de leitura. Também está disposto o símbolo para conectar a ambiente bluetooth. Nesse exemplo, a letra ‘a’ foi identificada e aparece no screen.....	42
Figura 12 - Tabuleiros utilizados nos testes, sendo (a)o Tabuleiro1 e (b)o Tabuleiro2 .	44
Figura 13 -Apresenta um modelo da distância entre o participante e o Tabuleiro, que é aconselhável que seja 2 metros, para não haver problemas de comunicação entre o Aplicativo e o Robô.	45
Figura 14 – Mapa de fonte do Lexia Readble.	61
Figura 15 – Mapa de fonte do Open Dyslexic	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Contém os resultados das 5/4 sessões de todos os participantes da experiência, sendo PD1 e PD2 pessoas com dislexia e PND1 pessoa sem dislexia	48
Tabela 2 – Símbolos e comandos do aplicativo.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DC	Direct Current (Corrente Contínua)
DSM-5	Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais 5ª Edição
IDE	Integrated Development Environment (Ambiente de Desenvolvimento Integrado)
LCD	Liquid Crystal Display (Monitor de Cristal Líquido)
LED	Light Emitting Diode (Diodo Emissor de Luz)
MIT	Massachusetts Institute Technology (Instituto de Tecnologia de Massachusetts)
NEE	Necessidades Educacionais Especiais
PD1	Pessoa com Dislexia 1
PD2	Pessoa com Dislexia 2
PND1	Pessoa sem Dislexia 1
RGB	Red-Green-Blue (Filtro Vermelho-Verde-Azul)
TEA	Transtornos Específicos de Aprendizagem
TI	Tecnologia da Informação
UML	Unified Modeling Language (Linguagem de Modelagem Unificada)

SUMÁRIO

Introdução	14
1 Revisão Bibliográfica	17
1.1 Sobre dislexia	17
1.2 Abordagens educacionais para dislexia	20
1.3 Sobre uso de instrumentos de TI na educação inclusiva	21
2. Concepção do RoboDIL	35
2.1 Motivação	35
2.2 Concepção do ambiente	37
2.3 Arquitetura e descrição de componentes	39
2.3.1 Arquitetura do robô	39
2.3.2 Tabuleiro	42
2.3.3 Aplicativo e programas	44
3 Configuração e aplicação dos testes	47
3.1 Sobre o funcionamento do RoboDIL	47
3.2 Metodologia dos testes	48
3.2.1 Justificativa da escolha dos parâmetros	49
3.3 Preparação do ambiente dos testes	51
3.3.1 Ajustes na interface do Aplicativo	51
3.3.2 Calibração do sensor de cores	52
3.3.3 Confecção do Tabuleiro	53
3.3.4 Calibração do sensor <i>bluetooth</i>	54
3.4 Aplicação dos testes	55
4 Análise de dados	57
4.1 Resultados computados	57
4.2 Análise dos resultados	48
4.2.1 Análise objetiva dos resultados dos testes	49
4.2.2 Análise dos textos lidos pelas pessoas com dislexia	60
4.2.3 Impressões subjetivas dos participantes	62
Considerações finais	54
Referências Bibliográficas	56
Anexo A – Tipos de Fontes para pessoas com Dislexia	61
Anexo B – Códigos associados ao RoboDIL	62

Anexo C – Manual de uso do Aplicativo	66
Anexo D – Particularidades da experiência	67
Anexo E –Textos de Leitura aplicados antes e depois dos testes com o RoboDIL	68

Introdução

A dislexia é um problema cognitivo, caracterizado por dificuldade específica de aprendizagem, que afeta a linguagem escrita, torna a velocidade de leitura lenta e dificuldade de reconhecimento de letras e formas bidimensionais, em que, no processo de alfabetização, a percepção dos prejuízos desse problema se tornam acentuados (Vellutino, 2004). Cerca de 5% a 10% da população mundial apresentam problemas relacionados a dislexia (Jucla et al., 2010). Em outros estudos, percebe-se que na idade pré-escolar podem ocorrer casos de até 20% de crianças com esse tipo de problema (Wright & Moskal, 2014).

Os estudantes disléxicos tendem a ter dificuldades maiores na fase de ensino fundamental, quando o foco passa a ser o desenvolvimento da alfabetização. Pesquisas sugerem que os cérebros das pessoas disléxicos raciocinam de forma própria e processam informações mentais diferentes da forma de cognição do uso e entendimento da linguagem dos cérebros dos outros que não apresentam esse problema (Cidrim & Madeiro, 2017). Como a maioria dos sistemas educacionais para alfabetização são voltados para atender alunos sem transtornos de déficit de leitura, existem dificuldades para os estudantes com dislexia em adaptar-se as propostas comuns de alfabetização.

Atualmente, uma questão relevante em nossa sociedade é a inclusão de estudantes com necessidades específicas nas escolas regulares e nesse caso, aqueles com dislexia se enquadram nesse grupo e por apresentar dificuldade para acompanhar o desenvolvimento de aprendizagem do grupo escolar, pode tornar mais difícil a convivência desse dentro do ambiente de aprendizagem.

Uma saída vista é o uso de atividades lúdicas, que possibilitam aos estudantes com dislexia um meio inclusivo de aprendizagem, pois a maioria desses meios contém jogos ou outros modos lúdicos, com propostas de interação e desenvolvimento daqueles que necessitam de convivência satisfatória e auxiliam tanto estudantes com dislexia, quanto os que não tem, fazendo-os compartilhar esses ambientes educativos de forma coordenada (Cidrim & Madeiro, 2017) (Vasalou et al, 2017). Destaca-se que a educação especial é uma garantia legal, disciplinada pelo artigo 59º da Lei nº 9.394/96 que estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Nela indica-se que os sistemas de ensino devem

assegurar aos estudantes, que possuem necessidades educacionais especiais (NEE), entre elas a dislexia, currículos, métodos, técnicas, tecnologias e recursos educativos para atender a essas necessidades. Existem várias pesquisas sobre métodos de aprendizado para disléxicos, com metodologias pedagógicas para o ensino, alfabetização e leitura, para atender a esses estudantes (Barbosa, 2015) (Cidrim & Madeiro, 2017). O objetivo dessas pesquisas foi verificar como as diferenças cerebrais de pessoas com dislexia podem ser aproveitadas para se criar formas de aprendizado e alfabetização, tornando a aprendizagem de reconhecimento de letras, sílabas e palavras mais fácil, até alcançar a plena leitura, através de mecanismos lúdicos.

Em Vasalou et al (2017) é visto um trabalho voltado para crianças disléxicas com uma perspectiva sócio construtivista, na qual a ênfase foi criar um ambiente de diálogo, em lugar de um simples jogo de perguntas e respostas. No trabalho de Andruseac et al (2015), é apresentado um projeto de uso da robótica como instrumento para aprimorar o ensino de disciplinas técnicas para jovens com dislexia, utilizando-se da percepção espacial desses jovens para o ensino de programação, ciências e matemática. Bittencourt et al (2015) construiu um aplicativo para tablets para crianças com dislexia, entre seis e nove anos, para tratar a relação da criança, o fonoaudiólogo e os pais, no tratamento considerado no projeto. Hamdan et al (2017) apontam que os estudantes disléxicos tendem a focar no sentido de visão espacial, mais do que em sistemas bidimensionais.

Davis e Braun (2010) também já haviam observado que os disléxicos conseguem melhorar no aprendizado quando focam seus sentidos dentro de uma abordagem com uma perspectiva tridimensional e espacial, então, quando estudantes disléxicos são apresentados a um objeto, eles têm uma habilidade natural e predisposição para examinar o objeto de vários ângulos e perspectivas em suas mentes, ou seja, a capacidade de mentalmente construir uma perspectiva do objeto em si, facilitando o reconhecimento do objeto desejado. Esta habilidade de raciocínio espacial é extremamente útil para abordagens de aprendizados que usem formas, movimentos e tridimensionalidades. O desafio é propor um ambiente que faça com que a linguagem, que é bidimensional, possa ser traduzida em modos tridimensionais, sem perder a capacidade cognitiva. Uma abordagem a ser aproveitada é aquela que faça a pessoa ver os objetos (ou letras) em uma tridimensionalidade dinâmica, em vez de uma forma bidimensional estática, permitindo

aproveitar-se da vantagem espacial que existe na mente de um disléxico (Davis e Braun, 2010).

A partir dessas informações, é proposto o desenvolvimento de um recurso associada a Tecnologia da Informação (TI), no caso, a robótica, que contenha elementos lúdicos, usando a concepção de movimento e observação espacial, de modo a construir uma visão de tridimensionalidade, para servir de auxílio no aprendizado de pessoas portadoras de dislexia. O objetivo do recurso é permitir os aprimoramentos das habilidades de cognição do disléxico, estimulando-os em aspectos lúdicos e psicomotores, para auxiliar na identificação das letras, sílabas e palavras.

Esse desenvolvimento se traduz, nesse trabalho, em um ambiente com um recurso robótico, que é denominado Ambiente de Robótica para Disléxicos (ou RoboDIL). Ele é composto por um robô que caminha sobre um tabuleiro contendo os símbolos que se deseja reconhecer; respondendo aos comandos do usuário. O tabuleiro em si é um painel com letras, símbolos e até palavras, associado a cores, permitindo tratar a comunicação do orientador com o aluno através de um aplicativo de comandos, comunicação e operações. A parte lúdica, ou associada a jogo, é fazer com que o robô ande, localize e identifique letras, sílabas ou palavras, que possam ser passadas por um painel e/ou através de estímulos auditivos, para, com isso, fazer o disléxico perceber o estímulo da visão ou audição, captar uma perspectiva espacial, já que observa o caminho do Robô e conferir a construção de identificação dos símbolos passo a passo, sem que precise existir uma ideia de competição propriamente dita, ou seja, não é para contar vitórias, mas buscar aprimoramento no reconhecimento de letras, símbolos ou palavras, ou seja, é um ambiente colaborativo e não competitivo. Como o Robô vai percorrer um tabuleiro de símbolos associados a cores, esse mecanismo vai poder, com essa ideia de cores associada aos símbolos, construir o foco na tridimensionalidade e virtualização, permitindo que esse ambiente seja usado como um método de auxílio na alfabetização de crianças e jovens com dislexia, ou mesmo as que não possuam essa dificuldade, mas precisem de auxílio na alfabetização.

A divisão deste trabalho se apresenta com uma introdução, uma revisão bibliográfica, os conceitos e práticas sobre a concepção do RoboDIL, a configuração dos testes e suas aplicações, a análise de resultados e as considerações finais.

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para a análise de trabalhos relacionados, obteve-se artigos de dois grupos de *strings* de pesquisa associados à dislexia ou educação para leitura. No primeiro grupo foram obtidos, com a *string* de busca “Dyslexics” AND “Robotics”, em ferramentas de busca do Google Scholar e Scopus. Foram encontrados 78 artigos desde 2016 até 2020, sendo que o filtro para considerar os artigos desse grupo, na análise, foi artigos que abordassem como objeto principal o uso ou de robótica, TI ou jogos eletrônicos voltados para auxílio de aprendizado em pessoas com dislexia.

No segundo grupo, a *string* de busca foi “Dyslexics” AND “Educational”, no qual foram obtidos 72 artigos de 2013 até 2020 das bases Google Scholar e Scopus. Nesse grupo, o filtro foi de artigos que abordassem estratégias educacionais para melhoria das características de leitura para jovens em alfabetização ou com alguma disfuncionalidade associada à leitura, sem necessariamente ser a dislexia.

1.1 Sobre dislexia

Dislexia foi um termo que foi utilizado pela primeira vez em 1872 e depois foi reforçado no trabalho de Hinshelwood de 1917, que identificou pessoas sem problemas de inteligência cognitivas, mas apresentando dificuldades de leitura e escrita, confundido letras, símbolos e palavras, associando esse problema a memória visual, devido a uma disfunção em uma área do cérebro ligada a linguagem. (Muskat & Rizzutti, 2012).

A definição da dislexia, dada pelo National Institute of Neurological Disorder and Strokes NIH (2020), informa que ela é um tipo de deficiência de aprendizagem, afetada por alterações cerebrais, que prejudica a capacidade de leitura de uma pessoa. Esses indivíduos portadores dessa desordem leem em níveis inferiores ao esperado, apesar de possuírem uma inteligência normal. Contudo, mesmo o distúrbio variando de pessoa para pessoa, existem características comuns entre indivíduos com dislexia. Entre elas têm-se, a dificuldade com o processamento fonológico (a manipulação de sons) e a ortografia e/ou resposta visual-verbal rápida na escrita/leitura. A dislexia em indivíduos adultos

também costuma ocorrer como resultado de alguma lesão cerebral ou por processo de demência; contrastando com indivíduos portadores dessa disfunção que não conseguiram ser identificados como tais quando eram crianças ou adolescentes.

A dislexia é vista também como um fenômeno multifatorial afetado por características neurológicas, genéticas e cognitivas. Em termos de genética, em Centanni (2020), é observado que a dislexia está associada a um conjunto de cromossomos (cromossomos nº6 e nº15) e genes (genes DYXC1, KIAA0319 e DCDC2) que são encontrados em indivíduos portadores dessa disfunção. Também em Bosch-Bayard (2020) são vistas as áreas corticais alteradas em crianças com dislexia, que tem importância nos processos de leitura, sendo elas a parietal temporal, occipital temporal e inferior frontal, do hemisfério esquerdo do cérebro. Isso é visto como causador dos defeitos nas funções de processamento fonológico e na memória de trabalho verbal do indivíduo disléxico.

Desde 1973 procura-se classificar os tipos e subtipos de dislexias encontrados. Segundo uma classificação obtida a partir de estudos de Boder (1973) sobre leitura e interpretação, considera-se as seguintes categorias clínicas de dislexia:

- Dislexia profunda: identificada como aquela no qual a pessoa tem dificuldade tanto de decodificação fonêmica, quanto decodificação semântica. Nessa modalidade, a pessoa confunde “nata” com “mata”, “sun” com “moon” (na língua inglesa), além de erros morfológicos, confundindo “vendido” com “vendemos”.

- Dislexia fonológica: nessa modalidade a pessoa também possui dificuldade na decodificação fonêmica, principalmente na identificação de símbolos e sílabas, tendo sua visualização das palavras prejudicadas, necessitando de auxílio das regras de correspondência grafema-fonema.

- Dislexia de superfície: aqui as pessoas têm mais dificuldades visuais no percorrer da leitura, principalmente no estabelecimento da rota correta para essa leitura, fazendo com que leiam palavras em formato irregular.

Essa classificação considera a diferença entre a disfunção fonética e a fonológica, da disfunção visual disidética, que prejudica a leitura de uma palavra de modo pleno, seja por confundir letras, ou por omitir sílabas. A dislexia visual tende a ser a mais observada, porque seus portadores se mostram com dificuldade de leitura mais abrangentes, com restrições linguísticas espaciais (visão da palavra no espaço) e, ao

mesmo tempo, de escrita, mesmo tendo conhecimento cognitivo dos elementos escritos e capazes de serem lidos (Guimarães, 2004).

Ainda de acordo com Boder (1973), a dislexia fonológica representava, à época, cerca de 67% dos quadros disléxicos. Ao longo do tempo, tal situação se manteve entre 67% e 70% dos casos de dislexia, desse modo confirmando que o problema principal se deve a dificuldade de estabelecer a rota fonológica para a leitura. Isso confirma a necessidade de desenvolver procedimentos de intervenção para prevenir e remediar tais dificuldades (Capovilla, 1999).

Segundo a American Psychiatric Association (Tannock, 2012), existe a classificação, denominada DSM-5, que inclui a dislexia em um contexto mais amplo dos Transtornos Específicos de Aprendizagem (TEA). Por essa análise, o fator leitura é apenas uma das habilidades que podem estar comprometidas, sendo que outras habilidades interferidas pela dislexia são a escrita e a matemática (quando ela passa a ser denominada discalculia).

De acordo com DSM-5 (Tannock, 2012), a dislexia (ou o equivalente a ela) é um TEA e caracteriza-se por prejuízo na leitura, ou na acurácia e na velocidade de reconhecimento de palavras e no processo de decodificação fonológica, que pode ser combinado ou não com baixas habilidades de soletração. Assim como especificado no DSM-5, a dislexia é um termo alternativo para se referir a esse padrão de dificuldades, que pode se apresentar de forma isolada ou acompanhado de uma ou mais dificuldades adicionais, tais como dificuldade na compreensão de leitura ou no raciocínio matemático.

Há uma frequência de 5% a 10% da população mundial sendo portadora de algum tipo de dislexia, ou discalculia (Ferreira, Akeho & Ferrari, 2017) (Almeida, 2009). De acordo com o DSM-5 (Tannock, 2012), existem 6 sintomas que possibilitam identificar a possível existência da disfunção de dislexia, nos quais o indivíduo é suspeito:

- lê as palavras de forma imprecisa ou muito lenta, com hesitação e dificuldade em pronunciar todas as palavras;
- pode até ler com certa precisão, mas tem dificuldade em compreender ou inferir com profundidade o que é lido;
- omite ou substitui vogais ou consoantes em caso de soletrar palavras;

- possui dificuldade em dominar o sentido dos números, precisa de auxílio para entender a quantidade associada ao símbolo numérico;
- apresenta dificuldade de escrita, com parágrafos curtos, carecendo de significados, com muitos erros gramaticais ou de pontuação;
- demonstra problemas no raciocínio matemático, com dificuldades para aplicar conceitos matemáticos para resolver problemas quantitativos.

Uma vez identificado esses sintomas, faz-se necessário uma análise médica com especialistas em neurolinguística e fonoaudiologia de modo a se ter um diagnóstico mais preciso da existência dessa disfunção no indivíduo. Por isso, é importante criar instrumentos lúdicos e eficazes, se possível, utilizando novas tecnologias, para auxiliar os professores de modo que eles possam ter como resolver os casos de aparecimento de dificuldades de aprendizagens, associados a dislexia, em suas turmas, provendo educação inclusiva e possibilitando ao disléxico uma forma de poder acompanhar o desempenho de toda a turma, sem que haja problemas de situações desconfortáveis para o estudante.

1.2 Abordagens educacionais para dislexia

Existem dois métodos principais utilizados no tratamento da dislexia, o multissensorial e o fônico (Azzopardi, 2014), cujas descrições são:

- Método multissensorial: Esse método é feito a partir de uma conscientização fono articulatória ou visualização do fonema. Baseado nessa visão, os disléxicos conseguem decodificar os sons das letras e transformá-los em escrita, realizando a conversão para fonemas/grafemas, compreendendo e utilizando o sistema de escrita alfabética da língua nativa. Ele é mais indicado para pessoas disléxicas mais velhas, que já possuem vivência escolar com essa disfuncionalidade (Azzopardi, 2014) (Oliveira, 2018).
- Método fônico: Esse método tem o objetivo de ensinar as correspondências grafofonêmicas para desenvolver as habilidades metafonológicas, com base na relação dos sons com as letras, Em geral, inicia-se esse método com o som das vogais e consoantes, pronunciados de forma isolada (por exemplo: /f/, /j/, /l/, /m/,

/n/, /s/, /v/, /x/, /z/). Após essa fase, é realizada a combinação das consoantes com cada vogal, de modo que, nessa assimilação, os fonemas se transformem em sílabas e o disléxico possa pronunciar tais fonemas com mais autonomia, melhorando a capacidade de leitura e visão das palavras. Ele é indicado para disléxicos mais jovens e preferencialmente deve ser introduzido logo no início da alfabetização (Ferreira, Akeho & Ferrari, 2017).

Deve-se levar em conta que o processo de alfabetização ou tratamento de uma pessoa com dislexia, ocorre durante toda a vida do indivíduo e é um instrumento de transformação de perspectivas para o indivíduo portador dessa disfunção. Esses tratamentos envolvem também práticas socioculturais, de modo que, o aprendizado dos fonemas respeite as normas culturais nos quais o indivíduo está inserido. O foco desses métodos é possibilitar o incremento na capacidade de ler, compreender e aprender de modo a satisfazer as demandas sociais e de ampliar a visão do mundo desses indivíduos (Ferreira, Akeho & Ferrari, 2017). Um campo de estudo atual é a construção de pontes, tecnológicas ou não, que possibilitem a melhoria da aplicação desses métodos ou das abordagens educacionais para esses casos.

No Anexo A desse trabalho são apresentados exemplos de fontes de texto utilizadas para minimizar o efeito causado pela dislexia e maximizar a leitura, servindo para auxiliar ao indivíduo portador dessa disfunção. Essas fontes são uma forma de tornar a tipografia das letras mais claras e precisas

1.3 Sobre uso de instrumentos de TI na educação inclusiva

Em vários trabalhos (Calejon & Silveira, 2019; Oliveira & Fonseca, 2019; Vasalou et al, 2017) demonstra-se o uso da teoria sócio-construtivista conhecida como Robótica Educacional, que tem fundamento na Teoria Construcionista de Seymour Papert. Essa teoria une a Teoria Construtivista de Jean Piaget ao uso de TI na educação (Queiroz et al., 2016), e demonstra como tal associação se torna um instrumento útil na obtenção de saberes para alunos jovens, principalmente do nível fundamental. Papert, para a elaboração de sua teoria, aprofundou-se na Teoria de Piaget e Vygotsky, sem se

utilizar da Psicologia do Desenvolvimento, que era aplicada por Piaget, se aproximando mais de uso da prática (Toledo, 2012).

O Construtivismo consiste em observar que há uma interação do conhecimento, de modo que o diálogo entre aluno e professor seja construído. Desse modo, os saberes são oriundos da experiência em buscar conhecimento e não apenas digeri-los. Nesse parâmetro a linha pedagógica mostra que a relação aluno e professor é uma construção social e dinâmica, no qual o aluno é preparado pela experiência a obter novos saberes e experimentar novos aprendizados (Calejon & Silveira, 2019). Nesses trabalhos citados, verifica-se que o construtivismo é aderente a abordagem pedagógica de se utilizar TI e robótica, como instrumentos de obtenção de saberes e desenvolvimento de aprendizados. No caso específico de Vasalou et al. (2017) é estudado que o a abordagem construtivista é ideal para apoiar a hipótese de que a tridimensionalidade, com apoio de TI, pode incrementar o estímulo de aprendizado de pessoas com dislexia.

Nessa Análise, pode-se ver que, em Rosenberg-Kima et al (2019), foi pesquisado se o uso de robôs sociais poderia melhorar o cenário de auxílio a alunos com dificuldades de aprendizado (incluído a dislexia como uma dessas dificuldades). O foco foi descobrir se um robô físico serve melhor ao propósito educacional do que outras tecnologias, como tablets. Foi discutido os benefícios e desvantagens do facilitador do robô para casos, por exemplo, de alfabetização; também em Atanasova & Yosifova (2019) foi estudado a abordagem de recursos robóticos para auxílio no ensino de pessoas com necessidades especiais, tais como dislexia. Nesse trabalho foi visto como um recurso robótico qualquer teria mais sucesso em um ambiente tecnológico de aprendizado, se pudesse ser mais aderente ao modelo humano de ensino. Atuando sobre o modelo construtivista, esse trabalho verificou que tipos de modelos de robôs seriam mais adequados a ambiente de ensino para alunos com necessidades especiais.

Já em Muangsrinoon & Boonbraham (2019), abordou-se o uso de jogos eletrônicos como recurso útil no ensino e aprendizado de alfabetização baseada em sistemas fonéticos, ajustando tal abordagem para alunos com dislexia. Esse trabalho demonstrou que o uso de tecnologia de jogos e gamificação são recursos com potencial de incrementar o interesse de alunos disléxicos no aprendizado da língua nativa. Em Hamdan et al (2017) é abordado as vantagens e facilidades do uso de instrumentos robóticos para auxiliar o aprendizado da língua nativa de pessoas com dislexia. Nessa abordagem afirma-

se que o uso de jogos robóticos serve como instrumento de inserção e interação social de alunos com dislexia, que sofrem com inibições e idiosincrasias devido a essa adversidade. Não há proposta de um recurso robótico nesse trabalho, mas sim um estudo de como o desenvolvimento de recursos robóticos podem ser muito úteis no apoio do aprendizado de estudantes com dislexia.

Em Zavaleta et al. (2018) focou-se no estudo do modelo RTL, que é um modelo próprio de definição de softwares que servem para obter monitoramento de leitura e identificar déficit de atenção ou problemas de leitura, no qual a dislexia se encaixa. Esse trabalho verificou os esforços para melhorar as atividades de rastreo de estudantes que precisam de serviços específicos para auxílio nas tarefas de leitura e compreensão de textos, causado por disfuncionalidades. Esse modelo trabalha com um rastreo realizado de forma sistemática através da documentação dos processos de aprendizagem aplicados em salas de aula. Esse trabalho se apoia em Pinheiro et al (2013) que realizou uma pesquisa a fim de conceituar e identificar métodos de apoio de aprendizado em pessoas com as características e especificidades de dislexia. Nele foi identificado várias estratégias com o fim de proporcionar uma aprendizagem significativa para alunos com dislexia e propor novas formas de construção de saberes nesses casos.

No caso do estudo de Lima et al. (2017), a abordagem construtivista foi aplicada a um jogo denominado SpaceEduc, voltado para melhorar o desempenho de leitura de estudantes que apresentem dificuldades nesse tipo de tarefa, sejam eles portadores de dislexia ou não. Nesse caso, o jogo apresenta fases diferentes, calibradas ao longo do processo de uso do mesmo. Também é visto um jogo para auxílio na alfabetização e na consolidação da gramática e fonética de língua portuguesa no trabalho de Silva e Souto (2017), mas baseado na abordagem comportamental.

Em Monsore et al (2020) é visto uma abordagem que associa a Psicologia da Forma, ou Gestaltismo, como método para auxiliar mecanismos de fixação de aprendizado. Nesse trabalho, o uso da TI é, na verdade, uma forma de colocar dentro da sala de aula a cosmovisão externa do estudante, de modo que TI seja um componente administrado pelos próprios estudantes, que desenvolvem suas ferramentas ou recursos com base nos seus conhecimentos de TI, aplicando os princípios do Gestaltismo, que visa dar ao todo um cenário diferente do que a simples soma das partes (composta dos estudantes, do professor, da disciplina propedêutica e do recurso de TI) Desse modo, tal

recurso vai atender às necessidades de adquirir conhecimento sobre disciplinas propedêuticas com menor risco de rejeição e sem ser invasiva, mas contributiva e participativa.

2. Concepção do RoboDIL

2.1 Motivação

Baseado nos trabalhos relacionados vistos, decidiu-se de que RoboDIL fosse concebido como um conjunto de módulos que aplicassem a Teoria Construcionista de Papert, que se utiliza de aspectos de TI, com o uso de um jogo e dinâmico e objetivo para ser lúdico e eficiente no auxílio de alfabetização ou auxílio a leitura de pessoas com dislexia, mas que fosse inclusivo, ou seja, que os apoiasse sem esses problemas específicos, associando, também, a motivação do Gestaltismo, de modo a criar um ambiente que pudesse ser composto pelas necessidades e formas dos indivíduos-alvo (Monsores et al, 2020). A ideia de trabalhar com TI em associação a jogos com robótica também toma como base de apoio o trabalho de Muangsrinoon, S. & Boonbrahm (2019), no qual se demonstra que jogos, que possuem elementos móveis, produzem mais efeito na fixação dos objetos ao qual o jogo se destina a trabalhar.

O RoboDIL ganha motivação especial pelo fato de que, cada vez mais se faz uso de ambientes com TI para atendimento no processo de alfabetização de pessoas com dislexia (Silva, 2013) (Lima et al, 2017). Nesse caso, o Gestaltismo, visto em Monsores et al (2020), contribui com os aspectos do recurso e atividades que compõe o ambiente RoboDIL. O objetivo é que o ambiente trabalhe com concentração e interação, de modo a usar TI para proporcionar variação de conteúdo, ou variação da forma de aprendizado, associando as atividades da sala de aula, contribuindo para inclusão dos estudantes com dislexia e reduzindo o índice de evasão escolar desses indivíduos (Silva, 2013) (Monsores, 2020).

Outro aspecto a ser considerado é à falta de um número maior de ambientes de TI que auxiliem no desenvolvimento da alfabetização e escrita de indivíduos portadores de dislexia. Estudantes com dislexia adquirem dificuldades de aprendizado por acumularem a dislexia com déficit de aprendizagem, o que pode provocar a falta de interesse na busca de novos conhecimentos através da escrita e leitura, podendo levar a uma rejeição, por

parte do estudante, de frequentar a escola, devido a não conseguir acompanhar os outros colegas de classe, embora possua inteligência normal.

Como uma solução desse problema, as atividades com o ambiente formado pelo recurso robótico e os outros módulos, que compõem RoboDIL, e a visão lúdica dado por essas atividades, tais como, formar sílabas e palavras, tornam-se uma alternativa para o desenvolvimento do processo de alfabetização e/ou familiaridade com as letras e palavras para estudantes disléxicos. RoboDIL também pode ser utilizado para o ensino de formação de frases mais complexas e no uso correto da linguagem escrita.

Foi considerado no RoboDIL dar ao usuário uma abordagem multifuncional para desenvolvimento na alfabetização, pois foi visto e analisado que a necessidade de associação espacial e a tridimensionalidade é um fator importante para que a pessoa disléxica melhore a sua capacidade de leitura. Por conta dessa análise, aplicou-se o princípio de aprendizado do ambiente RoboDIL com base nos conceitos vistos em Davis e Braun (2010) e em Hamdan et al (2017), no qual se visa focar parâmetros mais proeminentes em pessoas com dislexia, tais como, a já citada tridimensionalidade, a percepção de movimento e o sentido espacial, que são trabalhadas com o uso desse ambiente proposto.

A escolha para construção de um ambiente espacial e tridimensional, baseado em movimento (dentro de um plano), cor (com capacidade de analisar a profundidade) e forma (de modo a ter algo parecido com a largura) foi escolhida porque suporta os métodos multissensorial e fônico. Em relação ao método sensorial, o alvo do jogo implementado pelo RoboDIL é identificar símbolos, representados por letras e sílabas (os fonemas), sendo que, pode-se obter essas sílabas através de um painel, ou da verbalização dada pelo aplicador do jogo, o que dá o sentido de visualizar o ambiente, permitindo que o método multissensorial possa ser aplicado. No caso do método fônico, a ideia foi fazer com que a pessoa com dislexia, que esteja atuando sobre o ambiente RoboDIL, pudesse fazer correlações e correspondências entre o que se ouviu ou observou, como os símbolos do Tabuleiro, no qual o robô se movimenta, no qual cada símbolo é associado a uma cor distinta.

A pessoa com dislexia pode vir a possuir inibições ou timidez, devido as suas dificuldades de aprendizagem e a lentidão nas atividades de comunicação verbal e escrita, mas, como a abordagem do jogo vai trabalhar com o processo mental de aprendizado e

com o incentivo positivo do movimento de busca e acerto, vai ser valorizado uma percepção de tridimensionalidade, além do RoboDIL ser utilizado nas duas abordagens didáticas apresentadas. Assim, o RoboDIL vai facilitar a inclusão dessas pessoas em um ambiente escolar. Para atender à solicitação de encontrar as letras, sílabas ou palavras não é necessário “ganhar” o jogo, somente jogar, sendo os acertos considerados “lucros”, tendendo a ser maiores quanto mais livre essa pessoa puder usar esse ambiente. A aplicação dessa metodologia não-competitiva, ou colaborativa, visa eliminar fatores inibidores e aprimorar o que for relevante para o aprendizado de leitura e escrita dos participantes das atividades com o ambiente RoboDIL.

Outro aspecto, é que esse ambiente e seu jogo conseguem atuar mais diretamente nas pessoas com dislexia fonológica e superficial, que dependem da capacidade de associação de símbolos e visualização dos fonemas. No caso daqueles com dislexia profunda, a aplicação do ambiente deve ser mais acurada, de modo que não se possa deixar o ambiente tornar-se um foco de reatividade. A aplicação da não-competitividade no jogo auxilia nesse ponto de redução de reatividade, para pessoas portadoras desse tipo de dislexia.

2.2 Concepção do ambiente

O ambiente do RoboDIL é formado por um Robô, concebido para percorrer um Tabuleiro (formado por letras, sílabas, palavras números ou outros símbolos), que vai responder aos comandos de controle emitidos por um dispositivo móvel pela pessoa-alvo, através do uso de um Aplicativo, para auxiliar na condução do Robô até uma posição correspondente, com os símbolos buscados em um bloco, cada qual com cores diferentes.

O objetivo é atingir as metas propostas, na identificação dos símbolos, para formar sílabas ou palavras, conforme o grau de complexidade fornecida ao participante. As letras ou palavras que se desejam buscar podem ser passadas via um painel manual e/ou estímulo auditivo, obtidas de uma base de conhecimento ou informado por um orientador (professor ou monitor escolar). Dessa forma, o participante recebe o estímulo visual e/ou auditivo, adquirindo uma perspectiva espacial, observa um caminho possível para o Robô

e o direciona a uma posição no Tabuleiro identificado com o símbolo passado. Esse ambiente vai estimular a participação constante, ou seja, caso o estudante erre o símbolo ou algum passo na atividade, ele tem chances de usar diversas tentativas até que encontre a formação correta e, como o recurso é usada para ajudar a encontrar o seu objetivo até o alvo certo, sem que seja uma competição, cria-se a motivação para alcançar o objetivo desejado de forma lúdica.

O ambiente associado ao RoboDIL, visto na Figura 1, é composta de três módulos básicos: o módulo do Robô, com o qual o participante usa comandos para interagir e movimentá-lo; o módulo Tabuleiro, composto por um cartaz com símbolos, podendo, ou não, ser acoplado um painel digital para ser utilizado pelo instrutor ou monitor para a elaboração dos desafios (caso seja opção), e o módulo do Aplicativo, que é o software que vai efetuar o diálogo Usuário-Robô-Tabuleiro.

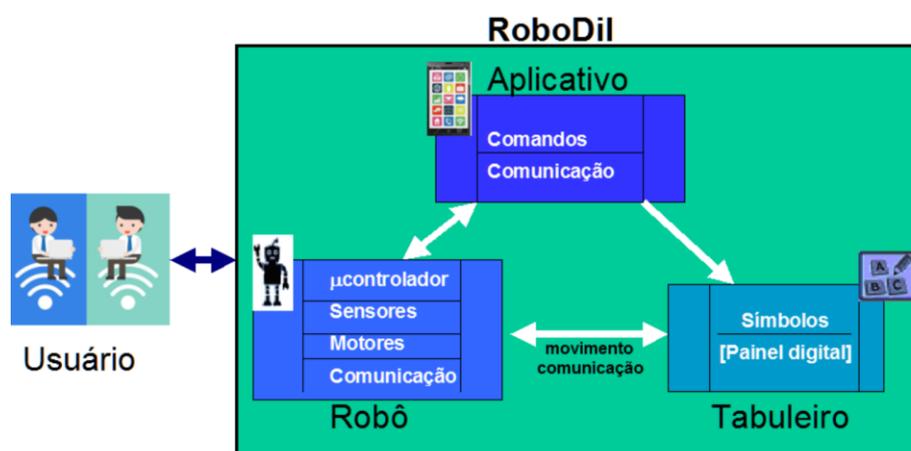


Figura 1 - Ambiente RoboDIL. Composto pelo Robô, o Tabuleiro e o Aplicativo.

Esse ambiente permite ser utilizada tanto com o auxílio de um instrutor, quanto pelo próprio participante sozinho. No primeiro caso, o instrutor auxilia o participante a se apropriar dos conceitos do ambiente como um todo, no segundo caso, o participante utiliza o recurso sozinho, podendo interagir com outros, para tirar dúvidas de uso. Tal abordagem facilita que seja construído um vínculo mais independente com o ambiente, seguindo o modelo visto em Vasalou et al (2017).

2.3 Arquitetura e descrição de componentes

2.3.1 Arquitetura do robô

O componente Robô é constituído por um *shield*, dois motores DC, duas rodas principais, uma roda de apoio, uma ponte H para controle de velocidade dos motores, um sensor de identificação de cores, um microcontrolador e um módulo de comunicação *bluetooth*, todos com seus atributos de configuração. O *shield* é o chassi no qual o microcontrolador e demais componentes do robô são acoplados. Na Figura 2 é apresentado um exemplo de *shield* para inserção dos outros componentes do robô do RoboDIL. Esse *shield* é o mais comum e de baixo custo para atividades com participantes do 4º ao 9º ano do fundamental e de participantes do ensino médio (Kukulska-Hulme & Traxler, 2019).

O microcontrolador do Robô é o ATmega328P, utilizado na placa de interface denominada Arduíno UNO R3 (Banzi & Shiloh, 2019). As razões da escolha desse microcontrolador foram: sua placa de interface ser de baixo custo, o fato dele permitir a manipulação de sensores e dispositivos de comunicação com código acessível e possuir um ambiente de fácil de programação. O sensor de cores é do tipo TCS230 RGB (Banzi & Shiloh, 2019), capaz de identificar 256 tipos de tonalidades de cores diferentes, facilitando a identificação da cor associada à posição na qual o robô estiver no tabuleiro. Há dois motores DC para tracionar as duas rodas de movimentação e uma terceira roda de apoio, sem motor.

O módulo de comunicação utiliza o protocolo *bluetooth* (Rufino, 2011). O Robô possui um sensor HC-05 (Rufino, 2011) que possibilitam comunicação *bluetooth* uni ou bidirecional. O módulo funciona tanto para receber os comandos de movimentação acionados pelo usuário via Aplicativo, quanto transmitir o sinal do sensor de cores, quando for dado o comando de “ler cor” do Aplicativo. A energia de movimentação do Robô é fornecida por baterias ou pilhas do tipo níquel, com total de carga de 9-12v, possibilitando autonomia para 30 a 40 minutos de uso contínuo. A Figura 3 apresenta os demais componentes: a placa de interface com o ATmega328P (Arduíno UNO R3), o módulo HC-05, o sensor de cores TCS230 RGB e uma ponte H L298N (Rufino, 2011).

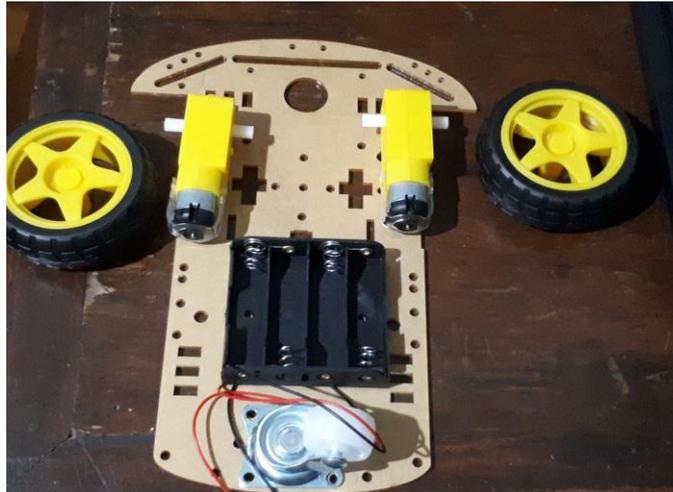


Figura 2 - *Shield* utilizado para o robô do RoboDIL, com seus motores DC, painel de pilhas, rodas de movimento e roda de apoio.



Figura 3 - Outros componentes do robô, uma bateria de 9V com plugue de conexão, um par de rodas mais finas, uma placa de interface Arduíno UNO R3, um sensor bluetooth HC-05, uma ponte H L298N e um sensor de cores TCS230 RGB.

A Figura 4 apresenta o esquema básico de conexões dos componentes do Robô, e a Figura 5 apresenta um dos protótipos montados com o *shield* da Figura 2 e os componentes da Figura 4.

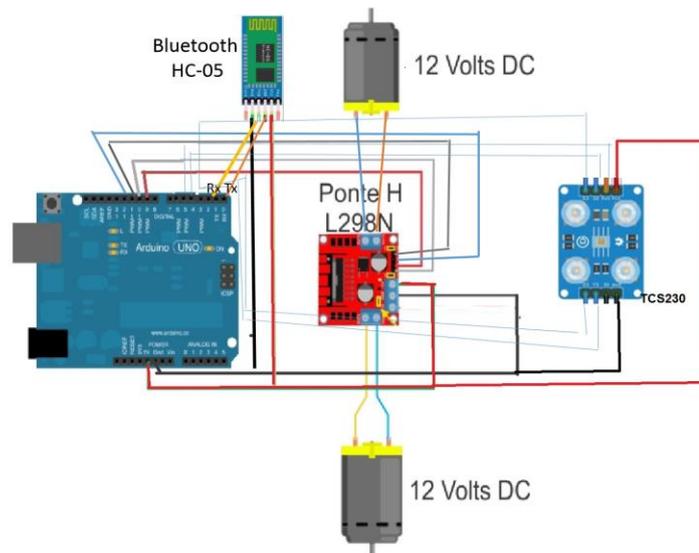


Figura 4 - Esquema de ligação dos componentes do Robô, apresentando a interface Arduino UNO R3, o sensor *bluetooth* HC-05, a ponte H L298N, os dois motores de 12V e o sensor de cores TCS230.

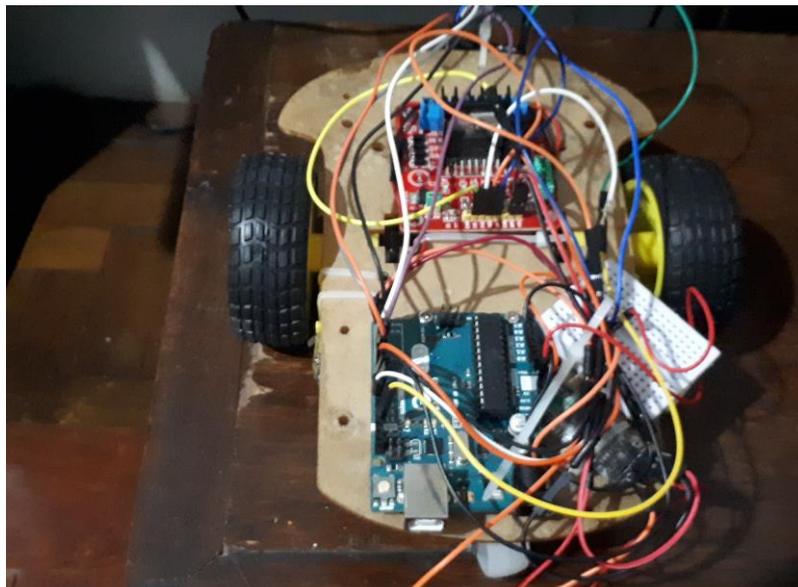


Figura 5 - Exemplo do robô com o *shield* montado junto aos componentes da figura 4. O sensor de cores está na ponta maior do *shield* (considerado a frente do Robô), e montado abaixo, para captar as cores.

2.3.2 Tabuleiro

O Tabuleiro é um painel (tipo tapete) em que se coloca cada símbolo (letra ou número) associado a um quadrado ou bloco de cor diferente. Sobre ele vai percorrer o Robô que, ao posicionar em um dos quadrados/blocos, acionará o sensor de cor TCS230 RGB, via o Aplicativo, para que o HC-05 transmita para o dispositivo móvel, no qual o Aplicativo está instalado, a cor captada. O Aplicativo recebe o valor da cor, já identificada dentro de uma tabela interna que está no *kernel* do microcontrolador, associando o valor captado do tabuleiro, e vai exibir a letra, número ou símbolo escolhido na tela do Aplicativo. Se a letra ou símbolo escolhido for a correspondente ao que o orientador passou, ou via oral, ou via um painel externo, o fato será considerado bem-sucedido.

O Tabuleiro pode ser montado com várias configurações diferentes, mas em cada configuração os símbolos estarão associados a mesma cor, só mudando de posição. Isso significa que, por exemplo, o símbolo “a” estará sempre associado a mesma cor em qualquer configuração do Tabuleiro. Isso foi feito para completar a ideia de tridimensionalidade, pois o símbolo sempre estará associado a mesma cor, não interessando onde ele vai estar no Tabuleiro. Na Figura 6 são apresentados exemplos possíveis de configurações do Tabuleiro, nos quais se percebe que os símbolos (as letras) estão associados as mesmas cores em todas as três diferentes configurações.

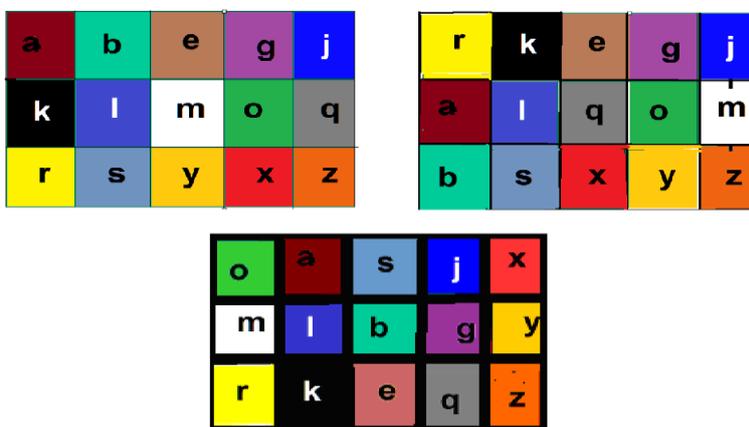


Figura 6 - Exemplo de três modelos possíveis de diferentes configurações do Tabuleiro possíveis, nos quais cada símbolo é associado a mesma cor, em todas as configurações.

A montagem de cada Tabuleiro e a escolha das letras, se orientou no trabalho e nas descrições obtidas em Cintia, Braga e Madeiro (2018), nos quais se verifica que:

- Para dislexia de superfície, na qual há maiores dificuldades associadas a leitura e confusão de símbolos gráficos, tais como, /m/ com /n/; /j/ com /i/; /e/ com /o/, /p/ com /b/ entre outros, e também a confusão de palavras completas, tais como, /telha/ com /tenha/; /apartar/ com /apertar/; /saltou/ com /soltou/ entre outras. Nesses casos, o uso do RoboDIL faz-se com o orientador apresentando em um painel a palavra ou fonema que se deseja montar ou encontrar no tabuleiro, utilizando-se, dessa forma, o método fônico.

- Para dislexia fonológica, os desafios são passados via som, ou seja, fala-se os fonemas ou palavras e o participante tenta identificá-las no tabuleiro, através do robô. Nesses casos, há confusão dos fonemas /d com /b/; /d/ com /p/; /m/ com /n/, /p/ com /q/ entre outros, ou palavras, tais como, /sócio/ tornando-se /sósio/; /chave/ transforma-se em /cave/; /dizer/ transforma-se em /diçer/, entre outras confusões. Para esses casos, o método multissensorial é mais adequado, e o RoboDIL pode ser utilizado para essas situações também, bastando que o orientador cite verbalmente os fonemas ou palavras que se deseja identificar no Tabuleiro.

Um exemplo de painel artesanal construído para uso em casos de dislexia de superfície (podendo ser utilizado também em caso de dislexia fonológica) pode ser visto na Figura 7.

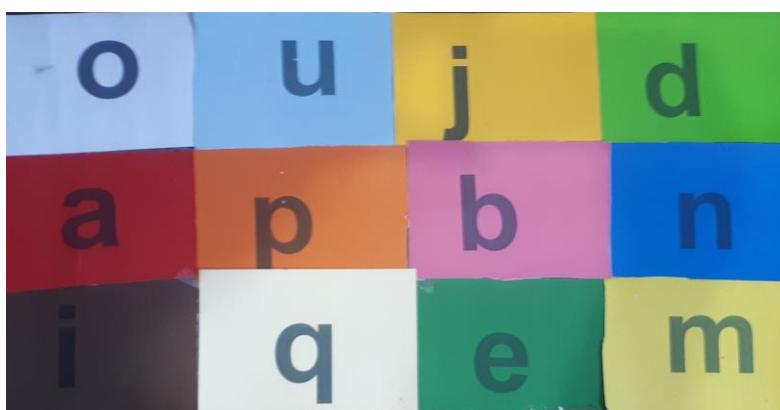


Figura 7 - Tabuleiro Artesanal com blocos de letras com cores diferenciadas, para casos de dislexia de superfície (podendo ser utilizado em casos de dislexia fonológica).

Segundo Rosa Neto, Xavier e Santos (2013) cerca de 70% das letras utilizadas em livros ou material de leitura escolar são cursivas, minúsculas e aparecem em cores pretas. Com base nesta orientação, foi idealizado, para os testes, dois painéis de 12 posições, com

letras minúsculas, cursivas, impressas em preto, concebidas em uma das fontes gráficas analisadas no Anexo A, no caso Helvética.

2.3.3 Aplicativo e programas

O módulo Aplicativo é o módulo que está inserido no dispositivo móvel. Em termos de programas, existem dois componentes, o programa interno no microcontrolador e o Aplicativo propriamente dito. O primeiro é escrito em ambiente IDE *sketch* (Evans, Noble & Hochenbaum, 2013), que é um ambiente de programação utilizada para programar interfaces Arduino com ATmega328p, é instalado no microcontrolador e é utilizado para posicionar o Robô, movimentando-o para trás, frente, direita e esquerda. Através do Aplicativo instalado em um dispositivo móvel, o microcontrolador também vai receber o comando de “Ler” e vai ativar o sensor de cores, que vai identificar e associar a cor lida, de acordo com a calibração, que depende do ambiente ao qual se vai praticar o exercício, com um valor. Esse valor vai ser associado a um símbolo, ou palavra que, uma vez identificado, é enviado para o Aplicativo no dispositivo móvel e apresentado ao usuário. A Figura 8 apresenta um diagrama de classe em UML dos componentes do RoboDIL, contendo a interação entre o Aplicativo, o Robô (com seu programa interno) e o Tabuleiro.

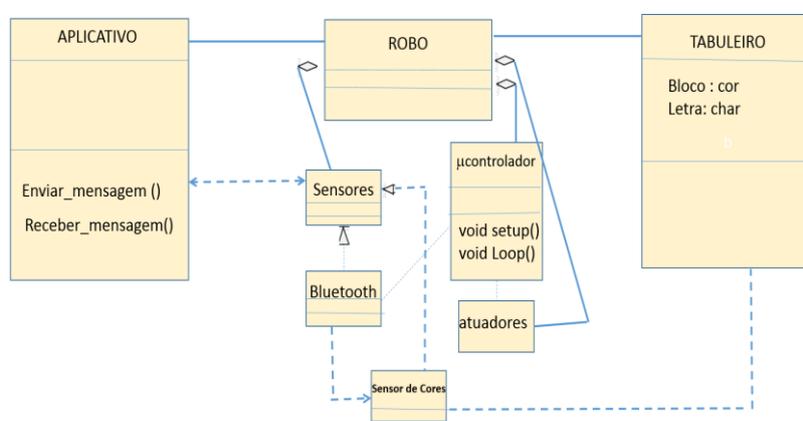


Figura 8 - Modelo de diagrama de classe em UML, contendo os três principais componentes do RoboDIL: Aplicativo, Robô e Tabuleiro

O Aplicativo propriamente dito, instalado no dispositivo móvel, foi desenvolvido na linguagem *MIT AppInventor* (Patton, Tissenbaum & Harunani, 2019), usada para ambientes do sistema operacional Android (Meier, 2012). Esse Aplicativo contém as funções de comunicação via *bluetooth* com o Robô, tanto para enviar os comandos de movimentação (“frente”, “recuar”, “direita”, “esquerda” e “parar”), quando o comando “ler”, quando o Robô estiver posicionado no Tabuleiro de símbolos. Ele foi desenvolvido com base nas orientações de interface homem-máquina vistas em Rosenberg-Kima (2019). O comando “ler”, como já visto, acionará a identificação, pelo sensor de cores do Robô, para obter uma cor associada a um símbolo, a ser exibido na tela do dispositivo móvel, o que permitirá a comparação com o foi passado pelo aplicador do jogo, seja por voz, digitalmente ou manualmente. Caso haja painel digital, o instrutor pode emitir, via teclado para um painel LCD ou LED, o símbolo que se deseja encontrar no Tabuleiro, que representa o alvo de cada exercício.

Nas Figuras 9 e 10 são vistos, respectivamente, um exemplo de código do programa inserido no *kernel* do microcontrolador (feito no IDE *sketch*), que está no Robô do RoboDIL, e um exemplo de código do Aplicativo, feito em *MIT AppInventor*. No Anexo B são apresentados mais detalhes de cada um desses códigos. Na Figura 11, do item é apresentado um exemplo da tela utilizada no dispositivo móvel, no qual pode-se observar que os comandos do Aplicativo se apresentam como símbolos de fácil identificação, se ajustando a condição do principal tipo de usuário (pessoas com dislexia).

```

// Se o estado recebido for igual a 'C', o carro se movimenta para frente.
if (state == 'C') {
  analogWrite(motorB1, vSpeed);
  analogWrite(motorA1, vSpeed);
  analogWrite(motorA2, 0);
  analogWrite(motorB2, 0);
}
else if (state == 'B') { // Se o estado recebido for igual a 'B', o carro se movimenta para trás.
  analogWrite(motorA1, 0);
  analogWrite(motorB1, 0);
  analogWrite(motorB2, vSpeed);
  analogWrite(motorA2, vSpeed); }
else if (state == 'E') { // Se o estado recebido for igual a 'E', o carro se movimenta para esquerda.
  analogWrite(motorA1, 0);
  analogWrite(motorA2, vSpeed);
  analogWrite(motorB1, vSpeed);
}

```

Figura 9 - Exemplo de código teste inserido no kernel do microcontrolador do Robô do RoboDIL

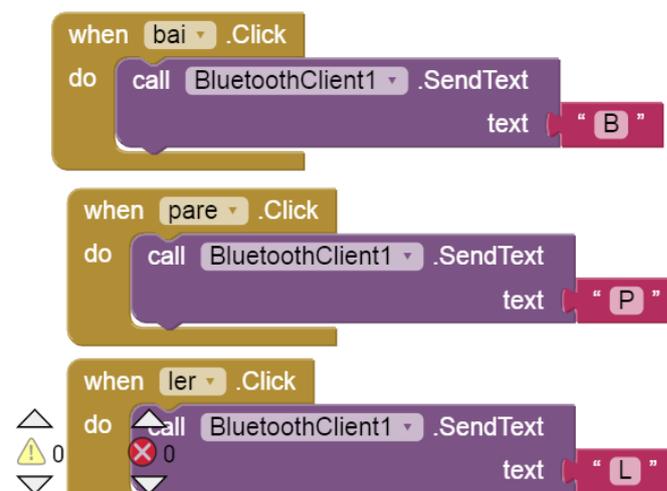


Figura 10 - Exemplo de código escrito em blocos do *MIT AppInventor* para o Aplicativo utilizado em dispositivos móveis

3 Configuração e aplicação dos testes

Nesse item serão vistos os modelos, métodos e metodologia aplicados aos testes do RoboDIL, com a descrição do ambiente como um todo e os passos utilizados para os testes, incluindo calibragem dos sensores e os dados a serem considerados

3.1 Sobre o funcionamento do RoboDIL

O RoboDIL, enquanto proposta de recursos lúdico de apoio e ajuda a pessoas portadoras de dislexia e também no auxílio a alfabetização, se constitui em uma forma de jogo simples, no qual um usuário deve posicionar o Robô em um dos blocos de um Tabuleiro e disparar um sensor para identificar a letra associada à cor. O alvo é acertar as letras ou símbolos que um instrutor passará por via manual, com um cartaz de fundo branco, para que o símbolo esteja visível para o usuário-alvo; ou via oral, para casos específicos de dislexia fonológica. Desse símbolo passado pelo instrutor, o usuário-alvo tentará acertar o correspondente no Tabuleiro, podendo construir estruturas mais complexas, na ordem correta, símbolo a símbolo, caso seja passado mais símbolos numa mesma sessão.

A identificação do símbolo ocorre quando se posicionar o Robô no Tabuleiro e clicar no comando de leitura do Aplicativo, para que o programa no *kernel* do microcontrolador do Robô possa traduzir a cor do bloco associada ao símbolo e passá-lo ao dispositivo móvel. Assim, o usuário pode observar em qual bloco o Robô está posicionado, qual o símbolo que o instrutor passou e, na tela do Aplicativo, ver o símbolo clicado. O sistema de comunicação entre Robô e dispositivo móvel, como já visto, é efetivado através do protocolo *bluetooth*, que permite que se controle o Robô até uma distância de quatro metros. A facilidade do RoboDIL permite ao usuário poder conferir cada símbolo do exercício, uma vez que o Aplicativo mostra o símbolo escolhido e, com isso, o usuário pode verificar “*on-the-job*” a sua capacidade de identificar o símbolo,

mapeando os erros e acertos em várias tentativas diferentes, com o Tabuleiro podendo ser confeccionado em vários modelos diferentes.

O Robô possui capacidade de mover-se para frente, para trás, para direita e para esquerda, e ler as cores dos blocos do Tabuleiro, cujos comandos são os símbolos vistos na Figura 11 (do item 3.3.1), que estão no Aplicativo. Frisa-se que o Aplicativo foi construído para possuir comandos identificados por símbolos gráficos indubitáveis, já que o público-alvo principal se compõem justamente por pessoas que podem confundir letras ou números. No Anexo C é visto um pequeno manual de operação do Aplicativo. Também é importante enfatizar que o RoboDIL é para ser utilizado tanto por usuários sabidamente com dislexia, quanto os que não possuem essa disfuncionalidade, sendo ele um instrumento de inclusão. A ideia dessa utilização por pessoas diferentes é que, se as pessoas com dislexia podem participar da “brincadeira” junto com as sem dislexia, o fator de inibição será mitigado, podendo-se trabalhar com um ambiente inclusivo e participativo, reduzindo-se, assim, a rejeição ao instrumento proposto.

3.2 Metodologia dos testes

Os testes do RoboDIL foram realizados com usuários disléxicos e não disléxicos, na proporção 2/1 (duas pessoas com algum tipo de dislexia, para cada uma pessoa sem dislexia) com idades variadas, tendo a preferência para pessoas com problemas, em algum momento, na alfabetização, ou que não possuam o pleno domínio da leitura. Contudo, não se descarta fazer o uso do RoboDIL em pessoas que apenas tenham interesse em se desenvolver para identificar símbolos de maior complexidade.

Alguns parâmetros propostos para medição nos testes foram:

- tempo de busca e confirmação, no qual o usuário busca o símbolo apresentada pelo instrutor (manual ou oral), posiciona naquele que ele achar ser o correspondente no Tabuleiro e confirma a escolha;
- número de acertos/erros na escolha do símbolo;
- quantidade de tentativas em uma mesma sessão até achar o símbolo correto correspondente.

Esses parâmetros, apesar de serem quantitativos, não foram determinantes para indicar o sucesso, ou não, do uso do RoboDIL pelo usuário, porque existiu uma inferência subjetiva, importante, que foi a aceitabilidade do ambiente como lúdico, inclusivo e capaz de fixar a identificação dos símbolos. Uma das formas que foi construída para avaliar essa característica subjetiva de aceitabilidade foi através de entrevistas informais, no qual buscou-se verificar os fatores de não-desistência no uso, independentemente do número de erros ou de tentativas em uma mesma sessão, indicando que o jogo, em si, traz algum desafio e uma motivação para persistência; se foi “divertido” e se foi um instrumento que pode motivar o aperfeiçoamento na leitura.

A ideia também foi que, após cada sessão do RoboDIL, pudessem ser testados os aspectos de leitura de textos, fora do ambiente, para averiguação da melhoria desses aspectos nos usuários envolvidos no teste. A princípio, o procedimento executado pelos orientadores para essa averiguação seguiu as regras de verificação de leitura visto em Rosa Neto, Xavier e Santos (2013). Para cada conjunto de sessões, obteve-se o relato de das situações de leitura do usuário pós-uso do RoboDIL, com propósito de anotar os avanços nessa atividade, junto com a identificação dos símbolos nos textos.

3.2.1 Justificativa da escolha dos parâmetros

Os parâmetros foram escolhidos de modo a atender uma visão quantitativa da pesquisa, sendo que esta visão quantitativa é para acurar o recurso e não para “julgar” o usuário que está usando o RoboDIL, o objetivo do RoboDIL não é ser um instrumento de “competição”, mas inclusão e colaboração. Por ser uma pesquisa que propõem um ambiente com um recurso robótico e um jogo associado, voltado para auxílio no aprendizado, faz-se importante obter dados quantitativos para que essa pesquisa possa ter um critério de validação de valoração da eficiência do recurso, além dos critérios subjetivos, que servem para ver a adequação do recurso aos usuários-alvos, de modo a poder se perceber o seu propósito para esse público-alvo.

O parâmetro de tempo de busca e confirmação, é uma união do tempo de observação do símbolo apresentado pelo aplicador (que pode ser via oral, via um cartaz

ou uma emissão em uma tela), mais o tempo de identificação do símbolo pelo usuário no Tabuleiro, mais o tempo de acesso ao software e, por fim, soma-se o tempo que vai se levar para posicionar o robô no tabuleiro, na posição que ele considera correta para acionar o comando “ler”. Existe algum evento associado a esse parâmetro que não necessariamente tem a ver com o processo de aprendizado. Por exemplo, a observação do símbolo apresentado pelo aplicador pode levar um tempo extra para posicionar os olhos no local, na qual o símbolo está, ou em perceber o fonema na voz do aplicador, eliminando no campo de visão luz qualquer estímulo distrator que possam vir a atrapalhar o início da tarefa de posicionar o robô. Por isso esse parâmetro é um item utilizado como calibrador do sensor do recurso. A análise desse parâmetro serve para a verificação do melhor tipo apresentação do símbolo, para cada caso diferente de dislexia, além de ajudar no ajuste da velocidade do robô.

O parâmetro de número de acertos/erros na escolha do símbolo no tabuleiro, é a contagem de quantas vezes, após acionar o comando “ler, o usuário foi capaz de acertar, ou associar corretamente, o símbolo apresentado pelo aplicador com sua escolha no tabuleiro. Por conta disso, deve haver mais de uma versão no de arranjo dos símbolos no tabuleiro, em todas elas as cores associadas aos símbolos devem ser iguais, só com posicionamentos diferentes, conforme visto na Figura 6. Isso foi feito para não prejudicar a ideia de acertos ou erros, pois o usuário-alvo poderia apenas decorar posições, sem se preocupar com o símbolo exatos. A contagem de erros e acertos vai gerar uma tabela comparativa, levando em conta a idade, a turma e ano no qual o usuário se encontra, se apresentou ou não com problemas de leitura, se é uma pessoa sabidamente disléxica, entre outras considerações que possam vir a surgir na aplicação do RoboDIL em um ambiente escolar.

O parâmetro de quantidade de tentativas verificou as tentativas até encontrar o símbolo passado pelo aplicador foi considerado para servir de calibração do ambiente como um todo e ajustá-lo as necessidades do público-alvo. Com a análise sobre esse parâmetro verifica-se as características subjetivas do RoboDIL ser um recurso de estímulo, integração, repetitiva, desinteressante ou frustrante.

3.3 Preparação do ambiente dos testes

Para que o RoboDIL correspondesse aos propósitos de ser um ambiente para auxiliar na performance de leitura e identificação de símbolos, de pessoas com dificuldades associada a dislexia e afins, fez-se necessário ter o método de preparação, configuração e calibração dos componentes do ambiente, de modo a melhor atender as necessidades e expectativas dos usuários alvos.

3.3.1 Ajustes na interface do Aplicativo

Os ajustes no Aplicativo se referem as características básicas de uma interface homem-máquina, como por exemplo, ter a cor de fundo branca, para não causar confusão na visualização dos símbolos de comando, que tem cores mais escuras e se sobressaem sobre o fundo. Os símbolos, conforme visto na Figura 11, tem características bem fáceis de se identificar, tais como, as setas para apresentar os controles de movimento, que são: andar para frente, para atrás, para direita ou esquerda. Na função de parar, utilizou-se o símbolo universal de “pare”, de acordo com as leis internacionais de trânsito, que aparecem na vida cotidiana e até em mídias (filmes, cartoons etc). O símbolo de leitura abrange uma figura com atitude de ler. O símbolo de conexão *bluetooth* também se baseou em um símbolo universal, existente em todos dispositivos que fazem uso desse tipo de protocolo.

Para uso do Aplicativo em si, o dispositivo móvel deve ter o seu controle de *bluetooth* ativado, pareado com o sinal do HC-05 do Robô, após esse pareamento pode-se acessar as funções de movimentação para posicionar no tabuleiro e clicar no símbolo do comando “ler”, para obter o símbolo do bloco associado. Esse comando vai ativar o sensor de cores e identificar a letra associado a cor do bloco. Na Figura 11, o exemplo da tela mostra a identificação correspondente a letra ‘a’

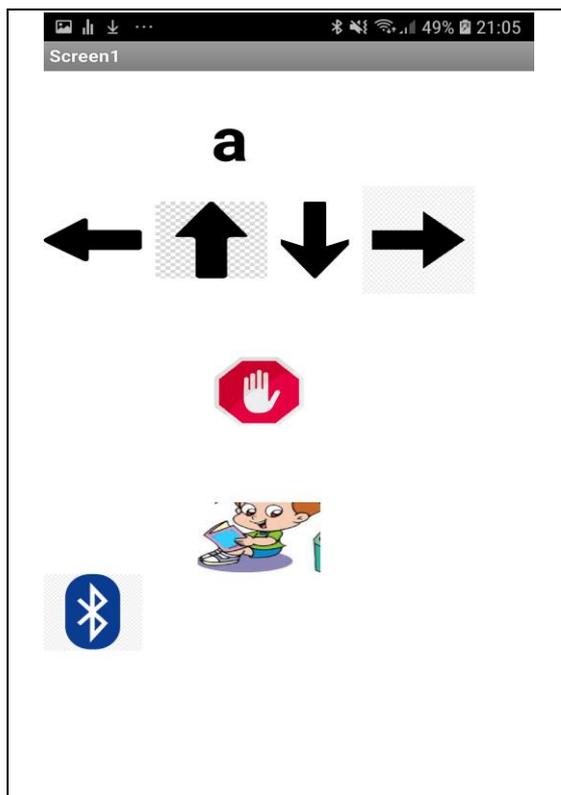


Figura 11 - Tela que vai aparecer no dispositivo móvel, com os comandos de movimento do robô, inclusive com o símbolo de parada, e o símbolo de leitura. Também está disposto o símbolo para conectar a ambiente bluetooth. Nesse exemplo, a letra ‘a’ foi identificada e aparece no screen.

3.3.2 Calibração do sensor de cores

O sensor de cores utilizado, o TCS320, possui 64 fotodiodos, dos quais 16 para filtrar a cor vermelha, 16 para a cor verde, 16 para cor azul e outros 16 que não trabalham com filtro, apenas captando as frequências de cores do objeto *in natura*. Esses fotodiodos são capazes de captar a luminosidade, filtrar cores pela categoria padrão de frequência de cores em sistemas de mídia o Red-Green-Blue (RGB) e gera uma onda de saída que emite informações quanto a intensidade das cores.

Através de combinações específicas, esse sensor consegue distinguir 256 tonalidades de cores diferentes, contudo ele precisa ser treinado em ambientes e circunstância diversas para que essa identificação de cores seja unívoca e precisa. Ele

identifica as cores por aproximação, devido a isso, todas as medidas, para serem homogêneas, devem ser obtidas da mesma distância sensor-objeto, pois a modificação dessa distância pode causar variações na sensibilidade da identificação. O sensor executa um filtro dos dados RGB oriundos da fonte de luz e os converte em uma onda quadrada com frequência diretamente proporcional à intensidade da luz. A frequência de saída pode ser escalonada por um dos três valores pré-definidos através de dois pinos de entrada de controle (S0, S1), com opções selecionáveis de 0%, 2%, 20% ou 100% de controle de frequência, os pinos S2 e S3 controlam o filtro de RGB. As entradas e saídas digitais permitem a interface com o microcontrolador do robô. O pino Output Enable (OE) atua sobre a saída para que aja um estado de alta impedância, sendo o uso para uma linha de entrada do microcontrolador.

Como resultado da calibração do sensor, para a experiência desse estudo, o sensor assumiu a seguinte configuração:

- 2% de controle frequência, para captar a maior parte da refletância dos blocos coloridos sem interferências;
- Sem filtro, para não fazer uma cor se sobressair sobre a outra e ser possível identificar mais variações, sem dúvida e
- Distância do sensor para os blocos iguais a cinco centímetros, que é a distância da borda do robô até o chão, possibilitando uma boa medição de refletância.

3.3.3 Confecção do Tabuleiro

Para o Tabuleiro foram utilizados blocos de papel retangulares com tamanho entre 20 X 14 cm e com gramatura maior que 1mm e menor que 2mm, tipo cartolina, de diversas cores. As letras foram impressas nos cartões em tinta preta, cursivas, minúsculas, com tipo Helvética de tamanho de 300 pts, características motivadas pelo que foi visto no trabalho de Rosa Neto, Xavier e Santos (2013). Devido a cor de impressão ter sido preta, optou-se por não haver um bloco de cor preta, pois a impressão seria inócua em preto e se fosse impresso em branco, poderia causar problemas na metodologia dos testes, que

associa a letra a cor do bloco de cartolina, mas com as letras impressas em mesmas cores em todos os blocos.

Os blocos foram fixados, uns aos outros, com material colante (fita adesiva), posto por trás dos blocos, de modo a deixar as interfaces entre os blocos lisas, mas destacadas, e sem linhas de interferência. A montagem foi de uma matriz de blocos de quatro colunas por três linhas. O Tabuleiro formado se apresentou liso, sem impedimentos para que o Robô pudesse se movimentar sobre ele e facilitando o posicionamento do sensor de cores montado sobre o robô. Para os primeiros testes, dois Tabuleiros foram montados o Tabuleiro 1 e o Tabuleiro 2, conforme a Figura 12 (a) e a Figura 12 (b) respectivamente.

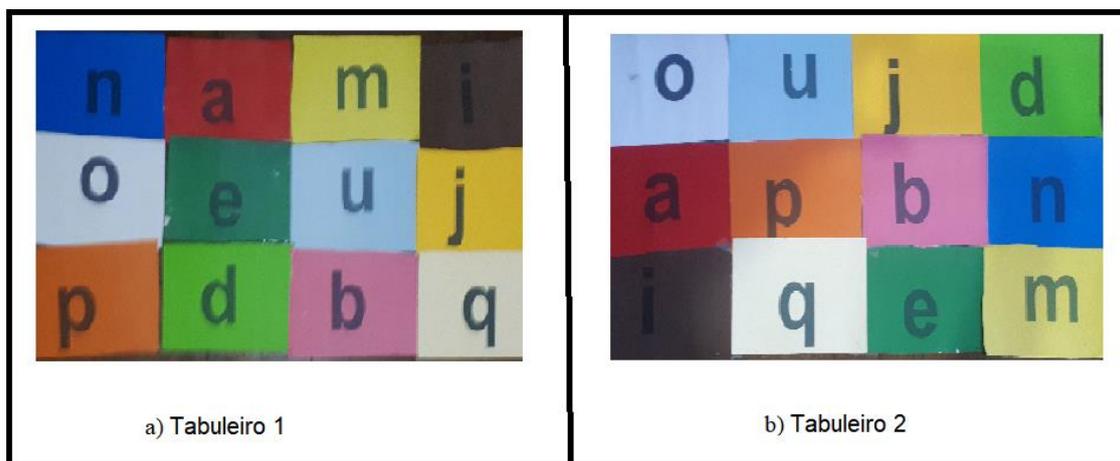


Figura 12 - Tabuleiros utilizados nos testes, sendo (a) o Tabuleiro 1 e (b) o Tabuleiro 2

3.3.4 Calibração do sensor *bluetooth*

A calibração do sensor *bluetooth* depende de cada dispositivo móvel. O sensor do Robô deve estar ligado, conseguindo ser acessado por um dispositivo móvel até cinco metros de distância, sem perda de sinal, possibilitando que os usuários estejam a uma distância considerável, caso seja necessário. Para manter uma coerência da experiência, sem perda repentina de sinal, decidiu-se não haver uma distância entre o Robô, o Tabuleiro e dispositivo maior que dois metros, a partir do canto do Tabuleiro, como pode ser visto na Figura 13.



Figura 13 - Apresenta um modelo da distância entre o participante e o Tabuleiro, que é aconselhável que seja dois metros, para não haver problemas de comunicação entre o Aplicativo e o Robô.

3.4 Aplicação dos testes

Para a aplicação dos testes, foi escolhido o período da manhã, para aproveitar a luz natural e menos interferência sobre a refletância, em um ambiente fechado (mas com luz de janela), sem controle de duração, com a carga do robô ligada a uma fonte de 12 V via USB, para não haver perda de carga durante o exercício, com cabo de cinco metros.

Foram escolhidas duas pessoas com dislexia e uma sem dislexia para aplicar os testes iniciais. Todas as pessoas eram maiores, capazes civilmente e deram seu consentimento de forma tácita e explícita (uma explicação sobre a escolha desses participantes pode ser vista no Anexo D). Cada pessoa aplicou quatro sessões comuns, procurando encontrar as letras no Tabuleiro, passadas por um cartaz pelo orientador, sem limite de tempo. Cada letra a ser encontrada foi exibido um cartaz de fundo branco, com impressão em Helvética, tamanho de 300 pts. O usuário do ambiente podia olhar para o cartaz durante toda aplicação da busca, para tentar identificar a letra no Tabuleiro e posicionar o Robô sobre ela. Ele podia ou não clicar no botão ler para receber a resposta a seu posicionamento e conferir o símbolo no Aplicativo com o símbolo do cartaz. A fim de avaliar a capacidade do recurso educacional estimular o usuário, para cada sessão, foram escolhidas, de forma aleatória, três letras a serem encontradas. Para as pessoas com dislexia, houve uma sessão a mais, aplicando o método fonológico, no qual o orientador

verbalizou a letra (sem uso de cartaz). Nesse tipo de sessão, o orientador ficava falando a letra durante um tempo (no máximo dez segundos), para que o usuário iniciasse a tentativa de encontrar a letra no Tabuleiro, com o uso do Robô. Para esse tipo de sessão, apenas duas letras foram verbalizadas.

Cada sessão utilizou-se dos dois modelos de Tabuleiro, assim, cada Tabuleiro, uma vez que dois foram confeccionados para os testes, foram utilizados duas vezes por pessoa. Na sessão extra para pessoas com dislexia, utilizou-se apenas um modelo de Tabuleiro, também escolhido de forma aleatória.

Em todos os tipos de sessões, o usuário se posicionou em frente ao Tabuleiro, com as letras colocadas de frente a ele de forma visível, sem se movimentar para os lados do Tabuleiro, ou ficar se posicionando de modo que as letras ficassem de cabeça para baixo. Para acionar os comandos, utilizou-se um dispositivo móvel do modelo Multilaser Tablet M7 3G+, sem ligação com operadora, sem *wifi*, apenas com *bluetooth* servindo para a conexão. O Aplicativo foi instalado direto do site do *MIT AppInventor*. Para não haver problemas de interferências, cada usuário do RoboDIL se manteve a, no máximo, dois metros de distância do Robô. Antes das sessões, foram realizados testes de conexão para certificar a comunicação do dispositivo via *bluetooth*.

O parâmetro tempo foi obtido de um cronometro manual comum. O início e fim da marcação para as sessões comuns a ambas, obedeceu a seguinte forma: primeiro o participante conectava o Aplicativo, via *bluetooth*, confirmando a conexão com o Robô, o orientador do teste levantava o cartaz com a letra e deixava a vista do participante durante todo o tempo de busca, quando o orientador dava um sinal manual para iniciar a busca ao símbolo, iniciava-se a contagem. A contagem de tempo parava no momento que o Robô era posicionado no bloco a qual o participante cria ser o certo, isso acontecia quando o participante posicionava o Robô no Tabuleiro e informava estar pronto. Nesse instante o cronômetro era parado. Para efeito apenas de contabilização, arredondou-se os minutos obtidos, o tempo a mais entre 10 e 30 segundos, assim, contou-se 0,5 minuto a mais. Entre 40 e 50 segundos, contou-se o minuto inteiro. Por exemplo, se o cronômetro parava entre cinco minutos e 15 segundos, contou-se 5,5 minutos; se parava em cinco minutos e 45 segundos, contou-se seis minutos.

4 Análise de dados

4.1 Resultados computados

Na Tabela 1 são apresentados os resultados das sessões, nos quais PD1 e PD2 são pessoas com dislexia e PND1 é a pessoa sem dislexia; S1, S2, S3 e S4 são as sessões 1, 2, 3 e 4, para todos os participantes (PD1, PD2 e PND1), na qual a letra foi indicada em um cartaz de fundo branco com a letra em preto (método sensorial), e S5, é a sessão cinco, só aplicada para PD1 e PD2, pois é a que usa o método fonológico. Foram computadas na tabela até três tentativas, anotando-se o tempo (em minutos) e se acertou (A) ou errou (E). Também é apresentado o total de tentativas (T) da experiência, para cada sessão, para cada participante, e o número de acertos (A) totais. Antes de iniciar todas as sessões foi feito uma sessão extra de no máximo 30 minutos, para ensinar os participantes a utilizar o ambiente RoboDIL, só para que o usuário pudesse se acostumar com os comandos e com os símbolos do Aplicativo. Também antes da aplicação de todas as sessões, as pessoas participantes leram dois textos simples e, uma hora após a aplicação de todas as sessões, os textos foram relidos, para que as pessoas pudessem verificar se a aplicação do RoboDIL ajudou no entendimento e na leitura do texto. Os textos utilizados se encontram descritos no Anexo E desse trabalho.

Os registros apresentados na Tabela 1 são apenas dados que apresentaram sucessos (acertos e erros) nas realizações dos testes, com o uso do aplicativo, robô móvel e no acesso ao tabuleiro para atender ao objetivo do trabalho, porém a ocorrência de problemas técnicos, tais como, aplicativo inoperante, travamento em uma das rodas do robô, interrupção na comunicação com *bluetooth*, erro de leitura do sensor de cores do robô para identificação dos símbolos no tabuleiro e outros detalhes de menor importância no andamento do teste, que devido ao ambiente ser um protótipo de construção artesanal, provocaram alguns momentos de interrupção, que foram registrados para correção e melhoria do ambiente na obtenção dos resultados desse trabalho, porém todas as ocorrências foram prontamente resolvidas para que prosseguissem os testes.

4.2 Análise dos resultados

Os resultados foram analisados em três dimensões: a dimensão objetiva dos resultados do teste, com verificação sobre acertos, tempo, e tentativas; a dimensão sobre a leitura dos textos, obtendo o resultado da leitura antes e depois das sessões e, por fim, a dimensão subjetiva dos testes, através de conversas com os participantes, buscando a influência e aceitação sobre o ambiente RoboDIL, se e como ele auxiliaria pessoas com dislexia, se e como ele auxiliaria na alfabetização de jovens e adultos; qual seria sua capacidade lúdica, entre outras percepções verificadas com os participantes dos testes.

Tabela 1 - Contém os resultados das 5/4 sessões de todos os participantes da experiência, sendo PD1 e PD2 pessoas com dislexia e PND1 pessoa sem dislexia

Pessoa	Sessão	Tabuleiro	Letra.	1ª tentativa		2ª tentativa		3ª tentativa		Tentativas/Acertos
				Tempo (minutos)	A/E	Tempo (minutos)	A/E	Tempo (minutos)	A/E	
PD1	1	1	a	5	A	4,5	E	3	A	7T/5A
			m	2	E	2	E	3	A	10T/6A
			j	2	A	2	A	1,5	A	4T/4A
	2	2	e	5	A	4	E	4,5	A	7T/5A
			a	6	E	4,5	A	6	A	7T/6A
			b	3	A	3,5	A	3,5	A	6T/4A
	3	1	e	2	E	1,5	A	2	A	7T/6A
			d	4	A	5	A	3	A	7T/7A
			u	4	A	4	E	4	E	8T/6A
	4	2	u	5	A	6	A	4,5	E	7T/6A
			d	3	A	4	A	7	A	5T/5A
			p	6	E	3	A	3	A	5T/4A
	5	1	p	10	A	8	A	9	A	5T/5A
			b	8	A	8	E	6	A	5T/3A
PD2	1	2	d	7	A	5,5	E	5,5	A	6T/5A
			p	3	A	4	A	4	A	8T/7A
			q	6	A	6	E	5,5	A	9T/3A
	2	2	b	4	A	4	E	4	A	6T/5A
			n	5,5	E	5,5	A	7	A	6T/5A
			i	10	A	11	E	8	A	6T/4A
	3	1	p	6	A	6,5	A	4	E	6T/4A
			a	3	E	3	A	3	A	6T/6A
			u	4	A	4	E	4	E	8T/6A
	4	1	a	6	A	7	A	5,5	E	6T/5A
			d	6	E	7	A	5	A	6T/4A
			p	5	E	7	A	5	A	6T/4A
	5	2	o	9	A	9	A	10	A	4T/4A
			u	9	A	9	E	10	A	4T/2A
PND1	1	1	e	2	A	3	A	2	A	5T/5A
			j	3	A	2	A	3	A	4T/4A
			i	3	A	4	A	3,5	A	4T/4A
	2	2	p	2,5	A	3	A	2,5	A	4T/3A
			n	3	A	3,5	A	3	A	5T/5A
			u	3	A	3	A	3	A	4T/4A
	3	1	d	2	A	2	A	2	A	4T/4A
			b	3	A	2,5	A	2,5	A	4T/4A
			m	3	A	3	A	3	A	4T/3A
	4	2	j	4	A	2	A	4,5	A	5T/5A
			u	3,5	A	2	A	2	A	5T/5A
			a	2	A	2	A	3	A	4T/4A

Fonte: Autor

4.2.1 Análise objetiva dos resultados dos testes

Com o participante PD1, houve 80% de acertos, considerando todas as tentativas, de todas as sessões. Foram, ao todo, 90 tentativas, sendo que muitas delas foram repetidas, mesmo o participante PD1 tendo acertado da primeira vez. Considerando as três primeiras tentativas de cada sessão, o participante PD1 errou 11 vezes.

O tempo médio, considerando apenas as três primeiras tentativas do participante PD1, foi de 4,4 minutos. Sendo que a letra que mais tempo levou para ser identificada foi a letra *a*, usando o método multissensorial. No método fonológico, o tempo de identificação demorou mais, sendo que a letra *p* foi aquela que esse participante mais encontrou dificuldade. Considerando número de tentativas e acertos, as letras que foram identificadas com mais facilidade foram a letra *j* e a letra *d*, e mais difícil de ser identificada foi a letra *m*. A letra *b*, na sessão do método fonológico, foi a mais fácil de ser encontrada e identificada.

Para o participante PD1, todas as tentativas utilizaram o botão de ler do Aplicativo, sendo assim, esse participante percebeu que o sentido tridimensional do RoboDIL envolvia o Tabuleiro, o Robô e o fato do Aplicativo apresentar a letra escolhida. Uma outra característica foi que este participante, mesmo acertando nas primeiras vezes, insistiu em mais tentativas, visando fixar bem a ideia da letra com a cor. Na análise subjetiva será visto isso com mais acurácia.

Já o participante PD2 obteve 73,5 % de acertos, entre 87 tentativas. Assim como o participante PD1, o participante PD2 repetiu as tentativas, mesmo tendo acertado em tentativas anteriores. Considerando as três primeiras tentativas de cada sessão, o participante PD2 errou 13 vezes. No método multissensorial, a letra na qual o participante PD2 encontrou mais dificuldade, tanto de acertos, quanto de tempo, foi a letra *j*. Já as mais fáceis foram a letra *p* e a letra *a*. Usando o método fonológico, o participante PD2 encontrou uma dificuldade maior do que no método multissensorial, sendo que houve problemas para identificar a letra *p*, contrastando com o outro método, no qual a letra *p* foi mais fácil. Com relação ao tempo das três primeiras tentativas, o participante PD2 obteve uma média de quatro minutos para identificar uma letra no Tabuleiro. Assim como

o participante PD1, o participante PD2 utilizou, em todas as tentativas, o botão “ler”, também visualizando a tridimensionalidade do RoboDIL.

No caso do participante PND1, o índice de acertos foi 95%, em 48 tentativas, lembrando que esse participante não teve uma sessão fonológica. O tempo médio total foi de 2,75 minutos. Esse participante clicou no símbolo de “ler” do aplicativo apenas 50% das vezes, pois se satisfazia apenas colocando o Robô na posição correta do Tabuleiro. A letra no qual esse participante encontrou a maior dificuldade foi a letra *j*. As demais das suas sessões tiveram dificuldades bem próximas, com tempo médio de 2,65 minutos. Nas três primeiras tentativas não ocorreram erros na identificação das letras.

Verificando todos os três participantes, o número de tentativas até encontrar o primeiro acerto foi cerca de 1,5 tentativas. Considerando só os participantes PD1 e PD2 foram cerca de duas tentativas até identificar a letra na primeira vez, apesar que mesmo encontrando, esses participantes continuaram nas tentativas. Para o participante PND1 foi apenas uma tentativa, em média, para identificar a letra correta.

Na finalização dos testes, foi observado que 23% das tentativas, de todas as sessões, apresentaram problemas técnicos (problemas no sensor de cores e travamento das rodas do Robô) e não foram contabilizadas, porém este fato não acarretou comprometimento na coleta dos dados para análise dos resultados.

4.2.2 Análise dos textos lidos pelas pessoas com dislexia

Antes das sessões aplicadas aos participantes, todos tiveram que ler dois textos, construídos com palavras contendo as letras inserida nos Tabuleiros, conforme visto no Anexo E. A ideia foi verificar os problemas de leitura em todos, e após todas as sessões dos testes, verificar se o uso constante e abundante do RoboDIL pode estimular uma melhor leitura desses mesmos textos, focando nos participantes PD1 e PD2, apesar de que tal procedimento também foi aplicado ao participante PND1.

Os dois textos, lidos de forma comum, por pessoas sem problemas de leitura, lidos de forma compassada, não demoraram mais que 10 segundos cada texto. O participante PD1 demorou mais de 30 segundos e menos que 50 para ler cada texto, o participante

PD2 demorou um pouco mais, de 40 a 60 segundos por texto. Já o participante PND1, que tinha o fundamental incompleto, mas era alfabetizado, demorou 20 a 25 segundos por texto.

Os participantes PD1 e PD2, após lerem os textos, identificaram as palavras e seus significados e puderam notar que o texto era apenas uma prova, sem um sentido literário específico. Já o participante PND1 apresentou certas dificuldades em entender palavras como *pajé*, ou *jade*, por desconhecer seu significado, mesmo tendo lido as palavras sem muitas dificuldades.

Um detalhe na hora dos testes, é que todos os participantes identificaram as letras como sendo partes das letras dos textos lidos. Isso facilitou a identificação das letras passadas. Os testes demoraram cerca de duas horas por participantes, incluindo os 30 minutos de treinamento no recurso, o tempo de ajustes no Robô (que as vezes travava as rodas), houve três situações de perda de sinal de comunicação *bluetooth*, entre outras pequenas falhas, diante do fato do uso de um protótipo e da distância física entre o autor intelectual dos componentes do RoboDIL e a pessoa que montou os componentes, que exigia tempo de conversa via dispositivo de comunicação comum (telefone celular), para ajustar alguma peça ou fio que tivesse se separado do *shield*.

Esses problemas de ajuste foram vistos como positivos, pois acrescentaram o fator pressão aos testes, que é um fator importante para que pessoas com dislexia possam trabalhar sobre alguma pressão e verificar se o RoboDIL também suporta essa atitude dos participantes. Após todas as sessões (cada sessão teve um intervalo de cinco minutos entre elas), o participante esperava duas horas e relia os textos. Os tempos apurados na leitura após essas duas horas foram: PD1 demorou de 20 a 30 segundos no máximo por texto, PD2 demorou de 20 a 30 segundos por texto e o PND1 manteve seus 20 segundos, Apesar de uma melhoria aparentemente mínima, esse pequeno tempo de melhoria é bem significativo para pessoas que apresentam dislexia e problemas de leitura. Os participantes PD1 e PD2 também informaram que a leitura dos textos foi mais rápida devido ao fato de que eles conseguiam associar as letras as cores dos blocos dos Tabuleiros, facilitando a formação do fonema em suas mentes, criando para cada um deles um caminho espacial de identificação e facilitando a verbalização dos fonemas dos textos.

4.2.3 Impressões subjetivas dos participantes

As impressões subjetivas dos testes foram obtidas de conversas não formatadas, ou seja, sem um questionário comum com os participantes. Antes de examinar as impressões dos participantes PD1 e PD2 (que possuem a disfuncionalidade de dislexia), faz-se importante uma análise sobre o participante PND1. Esse participante, que possuía uma vida escolar bem simples, que era alfabetizado, que não tinha o hábito da leitura, ficou positivamente perplexo ao poder participar dos testes, por manipular um instrumento, que, a seu ver, era representante de alta complexidade tecnológica. Essa acessibilidade a esse instrumento tecnológico (o RoboDIL) foi muito valorativa para esse participante. Ele se viu incluindo no processo acadêmico de pesquisa, sentindo-se com relevância importância, não por participar do experimento somente, mas por utilizar um instrumento tecnológico oriundo da pesquisa universitária.

Essa percepção desse participante foi um aspecto relevante da avaliação subjetiva do RoboDIL, pois o RoboDIL se mostra um instrumento inclusivo e capaz de motivar pessoas de idades diferentes, que desejem melhorar sua capacidade de leitura. Esse participante, após a segunda leitura, perguntou o significado das palavras: jade, dúbio, cajado e pajé. Essa curiosidade foi identificada pelo estímulo que o recurso produziu nesse participante, pois ele percebeu que tais palavras poderiam ser montadas utilizando as letras que estavam no Tabuleiro. Outro aspecto, foi observar que esse participante se “divertiu” ao usar o Aplicativo e perceber que ao toque dos símbolos de direcionamento, o Robô respondia aos seus comandos. O que deu a ele uma sensação de inclusão, por ter o poder de comandar um instrumento que, na sua percepção, era de alta tecnologia.

Com relação aos participantes PD1 e PD2, ambos deram sua opinião que o RoboDIL se mostrou um ambiente positivo para motivar e aperfeiçoar as características de identificação de letras e de leitura. Ambos também disseram que a ideia de juntar cores com as letras, em uma técnica associativa, foi positiva, pois mentalmente, eles formavam as palavras, da segunda leitura, após todos as sessões, com base nos significados das cores, focando mais no percorrer da leitura, identificando cada letra com caminho dentro do Tabuleiro e com a cor da letra em si.

Ambos esses participantes comentaram que um instrumento como esse, na sua vida escolar no fundamental ou no ensino médio, teria sido de muita ajuda e motivador, pois afastaria muito do preconceito que sofreram, pela dificuldade que possuíam de leitura. Ambos disseram que esse instrumento é muito adequado para crianças portadoras de dislexia, por ser uma “brincadeira” que trabalha com percepções tanto multissensoriais, quanto fonológicas. Como ambos tiveram que passar por tratamento com fonoaudiologistas, que utilizaram técnicas padrão, sem uso de instrumentos tecnológicos, eles perceberam que o RoboDIL se adequaria mais a expectativa deles, enquanto mais jovens. Mas eles também deram sua opinião que, mesmo para pessoas mais velhas, que já tenham tido um tratamento relativo a essa disfunção, o RoboDIL se mostrou lúdico o suficiente para estimular na identificação dos símbolos. Esse fato pode ser comprovado por conta do número de tentativas, mesmo após acertos, que os participantes executaram. O planejamento era usar no máximo três tentativas, mas os participantes insistiram em usar além do planejado, pelo fator lúdico, pelo fator de uso de tecnologia e pelo fator de desafio proporcionado pelo ambiente.

Cabe ressaltar que as observações subjetivas foram obtidas sem formalidade, ou seja, não havia um questionário formal específico para ser respondido. As perguntas para os participantes foram em tom de conversa normal, com perguntas informais, tais como: “E aí? Você gostou?”; “O que você achou?”; “Achou legal?”; ou “O que você viu de bom ou ruim no RoboDIL?”.

Considerações finais

Sendo o robô móvel, controlado por um aplicativo, que pode ser instalado em dispositivos móveis, permitiu uma sensação de inclusão no participante mais velho e sem problemas com dislexia e causou uma impressão desafiante nos participantes com dislexia. O uso de tabuleiros com peças em cores e letras grandes impressas, também se mostrou uma forma adequada de usar o conceito de tridimensionalidade para aqueles que possuíam dislexia. O RoboDIL foi testado tanto na filosofia do método multissensorial, quanto no método fonológico. Ele foi utilizado por uma pessoa sem dislexia, mas com pouca carga de leitura. Para todos, o RoboDIL se apresentou adequado, inclusivo, motivador e “divertido”, no sentido que os participantes continuavam a usá-lo, mesmo após ter atingido o objetivo primário, que seria a identificação da letra.

Outro fator, que indica que o ambiente é promissor para o propósito de auxiliar disléxicos, foi que todos participantes identificaram todas as letras que foram passadas, algumas com mais dificuldade que outras, mas nenhuma letra deixou de ser identificada. O número de erros foi menor que o esperado, apesar que esse fator, para essa pesquisa, pode ser devido pelo fato dos participantes com dislexia já tivessem tido um aprendizado fonoaudiológico, mesmo que sem tecnologia diferenciada. Mas os próprios participantes com dislexia informaram que o ambiente se mostrou adequado e capaz de estimular na identificação de símbolos (por sua característica de usar tridimensionalidade). A tridimensionalidade foi identificada, pelos próprios participantes com dislexia, através do fator caminho-comprimento (a ser percorrido pelo Robô), altura (a relação entre o Aplicativo e o Robô, sobre o olhar do participante) e largura (visto pelos participantes, tanto pelos blocos bem divididos, quanto pelos blocos serem de cor diferente).

A margem de idade dos testes não abrangeu crianças e adolescentes, mas pessoas com idade e conhecimento diferentes. No caso, foram universitários e uma pessoa com fundamental incompleto, com idades entre 24 e 57 anos, sendo uma margem cognitiva bem significativa, mesmo com baixo número de indivíduos. O RoboDIL conseguiu, dentro dos limites as quais a experiência teve de se submeter, ser um instrumento aderente as necessidades e expectativas dos participantes, produzindo motivação, senso de desafio (impedindo-os de desistir), haja vista que os participantes continuavam as tentativas

mesmo já tendo atingido o principal objetivo, que era identificar a letra passada pelo orientador. Além disso, o RoboDIL produziu uma sensação lúdica, principalmente no participante com menor escolaridade, que se sentiu incluído em uma nova tecnologia e equiparou-se àqueles que tinham ensino universitário, causando um senso de dignidade individual (que é um dos propósitos desse ambiente, de valorizar o indivíduo). Contudo, o planejamento para uso do recurso envolve que para cada idade haja desafios diferentes. Com crianças e pré-adolescentes a ideia é usar identificação de símbolos isolados (letras e números) e, no caso, de adolescentes e jovens, a ideia é usar palavras, já com adultos, o foco será achar frases completas.

Foi possível verificar que o objetivo do RoboDIL, para essa pesquisa e dentro dos limites dos testes, se mostrou satisfatório, o que incentiva a trabalhar no aperfeiçoamento do ambiente, de modo que o mesmo seja utilizado, de acordo com os mesmos propósitos, em ambientes escolares de crianças e adolescentes, com um grau de certeza de que sua utilização auxilia a leitura e a inclusão de pessoas com dislexia, na sala de aula. Isso está também de acordo com a visão do Gestaltismo, adotada para o desenvolvimento do ambiente RoboDIL, pois o ambiente conseguiu dar forma a técnicas de leitura de uma pessoa com dislexia. Essa pesquisa é um trabalho continuado e a partir dos dados obtidos, visa-se o aperfeiçoamento do recurso, tornando-o mais aderente, a fim de poder cumprir a tarefa social a qual tal ambiente se propõem, ser inclusivo, “divertido” e capaz de auxiliar na leitura, identificação de símbolos, na alfabetização e na interação professor-estudante. Como um resultado secundário, mas importante, dois artigos foram produzidos a partir da pesquisa em questão, um abordando uma metodologia de desenvolvimento de aplicativos escolares utilizáveis em dispositivos móveis (Monsores et al 2019); e outro tratando da sistemática de uso do Gestaltismo dentro de TI, como facilitador de produção de recursos didáticos para situações específicas (Monsores et al, 2020).

No anexo D apresenta-se as razões de não ter sido possível realizar testes com uma boa quantidade de indivíduos. Isso foi compensado com uma maior massa de dados, mais sessões e tentativas. O número de tentativas planejadas foi excedido pelo uso espontâneo do RoboDIL, justamente por esse ambiente ter se apresentado, para os participantes, como inclusivo, lúdico, colaborativo e desafiador, com reduzida reatividade sobre o ambiente como um todo.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, G. S. S. (2009). Dislexia: O grande desafio em sala de aula. Revista eletrônica de divulgação científica da faculdade Don Domênico. Disponível em: <<http://atividadeparaeducacaoespecial.com/wp-content/uploads/2014/07/DISLEXIA-O-GRANDE-DESAFIO-EM-SALA-DE-AULA.pdf>>. Acessado em 20/07/2020.
- ANDRUSEAC, G. G.; ADOCHIEI, R. I.; PASARICA, A.; ADOCHIEI, F.C., & COSTIN, C. C. H. (2015). Training program for dyslexic children using educational robotics. In: **E-Health and Bioengineering Conference (EHB)**, Iasi-2015, p. 1-4.
- ATANASOVA, A. P. & YOSIFOVA, A. I. (2019). **Addressing Special Educational Needs in Classroom With Cyber Physical Systems**, Cyber-Physical Systems for Social Applications, Ed Willet.
- AZZOPARDI, M. (2014). Using multisensory stories in mainstream schools as a tool for inclusion: a case study. Disponível em: <https://www.um.edu.mt/library/oar/handle/123456789/1754>. Acessado em 20/06/2020.
- BARBOSA, T. (2015). Profile of language and cognitive functions in children with dyslexia in speakers of Brazilian Portuguese. In: **CoDAS**, v. 27, n. 6, p. 565-574. São Paulo, Brasil.
- BANZI, M. & SHILOH, M. (2014). **Getting started with Arduino: the open source electronics prototyping platform**, 3ª Ed, Maker Media. USA.
- BITTENCOURT, T., SAVINO, J., FERNANDES, H., REBELLO, L., e AMADO, G. (2015). Aplicativo para auxílio no tratamento de crianças com dislexia. In: **Anais do 15º Ergodesign Usihc**, vol. 2, n 1, p. 1316-1326. São Paulo, Brasil.
- BODER, E. (1973). Developmental dyslexia: a diagnostic approach based on three atypical reading-spelling patterns. In: **Developmental Medicine and Child Neurology**, v. 15, p. 663-687, London, UK.

- BOSCH-BAYARD, J. T. ET AL (2020). Resting EGG Effective connectivity at the sources in developmental dysphonetic dyslexia. Differences with non-specific reading delay. In: **International Journal of Psychophysiology**, ScienceDirect, p. 135-147. USA.
- CALEJON, L. M.C.; SILVEIRA, I. F. (2019). Os desafios da educação escolar na contemporaneidade: tecnologias da informação e da comunicação na educação. DOI: <https://doi.org/10.26843/rencima.v10i1.2254>.
- CAPOVILLA, A. G. S. (1999). **Leitura, escrita e consciência fonológica: desenvolvimento intercorrelações e intervenções**. Tese (Doutorado em Psicologia) – Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- CENTANNI, T. M. (2020). Neural and Genetic Mechanisms of Dyslexia. In: **Translational Neuroscience of Speech and Language Disorders**, Springer Ed, p. 47-66, London, UK.
- CIDRIM, L. & MADEIRO, F. (2017). Information and Communication Technology (ICT) applied to dyslexia: a literature review. In: **Revista CEFAC**, v.19, n.1, p. 99-108, São Paulo, Brasil.
- CIDRIM, L.; BRAGA, P. H. M. & MADEIRO, F. (2018). Desembaralhando: um aplicativo para a intervenção no problema do espelhamento de letras por crianças disléxicas. In: **Revista CEFAC**, v.20, n.1, DOI:<http://dx.doi.org/10.1590/1982-0216201820111917>
- DAVIS, R. & BRAUN, E. (2010). **The Gift of Dyslexia**. Perigee Books, 1º Ed, USA.
- EVANS, M.; NOBLE J. & HOCHENBAUM, J. (2013). **Arduino em Ação**. Editora Novatec, 1º Edição, São Paulo, Brasil.
- FERREIRA, O. G.; AKEHO, L. M. & FERRARI, A. C. (2017). Estratégias de alfabetização e letramento para crianças com dislexia: possibilidades através dos métodos fônico e multisensorial. In: **II Congresso Interdisciplinar de Pesquisa, Iniciação Científica e Extensão**, Centro Universitário Metodista Isabell Hendrix, p. 752-771, Belo Horizonte, Brasil.
- GUIMARÃES, S. R. K. (2004). **Dislexias adquiridas como referência**. Educar, Editora UFPR, n. 23, p. 285-306, Curitiba, Brasil.

HAMDAN, K.; AMORRI, A, & HAMDAN, F. (2017). Robot Technology Impact on Dyslexic Students' English Learning. In: **International Journal of Educational and Pedagogical Sciences**, v.11, n.7, p. 1944-1949.

JUCLA, M.; NENERT, R.; CHAIX, Y. & DEMONET, J. F. (2010). Remediation effects on n170 and p300 in children with developmental dyslexia. In: **Behavioural Neurology**, v. 22 (3-4), p.121-129.

KUKULSKA-HULME, A. & TRAXLER, J, (2019). **Design principles for learning with mobile devices**. In: Beetham, Helen and Sharpe, Rhona eds. Rethinking Pedagogy for a Digital Age: Designing for 21st Century Learning. 3rd edition. Routledge.

LIMA, I et al. (2017). SpaceEduc: Uma Proposta para Estimular a Aprendizagem de Alunos Portadores de Necessidades Educacionais Especiais. in: **Proceedings of SBIE**. Alagoas, Brasil.

MEIER, R. (2012). **Professional Android 4 application development**, 1º Ed, Willey, Indiana, USA.

MONSORES, J.; REGINA, T.; QUADROS, L.C.T. & QUADROS, J.R.T. (2020). Technology and Gestaltism: A Robotic-Based Learning Aid Tool. In: **IEEE Latin America Transaction**, v. 18, p. 1441-1447.

MONSORES, J.; SOUZA, E.; MELO, R.; MENDES, C.O.S. e QUADROS, J.R.T. (2019) Desenvolvimento de uma interface para dispositivos móveis associada a uma plataforma múltipla de dados. In: **Computer on the Beach (COTB)**, Florianópolis- Brasil.

MUANGSRINOON, S. & BOONBRAHM, P. (2019). Game Elements from Literature Review of Gamification in **Healthcare Context - Journal of Technology and Science Education**, v.9, n.1, p.20-31.

NATIONAL INSTITUTE OF NEUROLOGICAL DISORDER AND STROKES - NIH (2020). In: <https://www.ninds.nih.gov/disorders/all-disorders/dyslexia-information-page>, publicado em outubro de 2019. Acessado em 20 julho 2020.

OLIVEIRA, D.G & FONSECA, W. S. (2019). **Projeto Robótica Pedagógica: o resgate do PROUCA para o Ensino de Ciências – na educação 4.0** DOI: <http://dx.doi.org/10.15536/reducarmais.3>, pp 79-86.

- OLIVEIRA, A. R. (2018). **Intervenção multissensorial numa criança com dificuldades de aprendizagem na leitura do 2.º ano**. Dissertação de mestrado, Departamento de Educação, Escola Superior de Educação, Coimbra, Portugal.
- PATTON E. W., TISSENBAUM M., HARUNANI F. (2019). **MIT App Inventor: Objectives, Design, and Development**. In: Kong SC., Abelson H. (eds) Computational Thinking Education. Springer, Singapore.
- PINHEIRO, A. D. et al (2013). Estratégias de aprendizagem no cotidiano da criança disléxica: desafios à prática docente. In: **Pedagogia em Ação**, v.5, n.1, Belo Horizonte, Brasil.
- QUEIROZ, L. R. et al. (2016). DuinoBlocks4Kids: Um ambiente de programação em blocos para o ensino de conceitos básicos de programação a crianças do Ensino Fundamental I por meio da Robótica Educacional. In: **Anais do CSBC**, p. 2086–2095.
- RELLO, L. E BAEZE-YATES, R. (2013). Good fonts for dyslexic. In: **Proceedings of 15th International ACM SIGACCESS**, Washington, USA.
- ROSA NETO, F.; XAVIER, R.F.C. & SANTOS, A.P. M. (2013). Caracterização da leitura e escrita. In **Revista CEFAC**, v.15, n.6, São Paulo, DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-18462013005000013>
- ROSENBERG-KIMA, R. ET AL (2019). Human-Robot-Collaboration (HRC): Social Robots as Teaching Assistants for Training Activities. In: **Small Groups 2019 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)**. Daegu, Korea (South). DOI: 10.1109/HRI.2019.8673103
- RUFINO, N. M. O. (2011). **Wireless network security: learning to protect your information in Bluetooth environments**, Ed. Novatec, São Paulo, Brasil.
- SILVA, S. (2013). Com a palavra, os gestores. In: **Revista Educação**, v. 17, n. 199, p. 72-92, São Paulo, Brasil.
- TANNOCK, R. (2012). Resting ADHD and LD DMS-5 proposes changed in diagnostic criteria. In: **Jounal of Learning Disabilities**, Ed. SAGE, Toronto, Canada.

TOLEDO, P. B. F.; ALBUQUERQUE, R. A. F. & MAGALHÃES, À. R. (2012). O Comportamento da Geração Z e a Influência nas Atitudes dos Professores. In: **IX SEGeT**, Resende, Brasil.

VASALOU, A.; KHALED R.; HOLMES, W, & GOOCH, D. (2017). Digital games-based learning for children with dyslexia: A social constructivist perspective on engagement and learning during group game-play. In: **Computers & Education**, v.114, p. 175-192.

VELLUTINO FR, FLETCHER JM, SNOWLING MJ, SCANLON DM. (2004). Specific reading disability (dyslexia): what have we learned in the past four decades? In: **J Child Psychol Psychiatry**, v45(1), p. 2-40.

WRIGHT, L. A. & MOSKAL, B. A. (2014). Including Children with Disabilities in STEM: An Outreach Program for Dyslexic Students (Research to Practice). In: **121st ASEE Annual Conference & Exposition**. Indianápolis, USA.

ZAVALETA, J. et al (2018). School Inclusion Using Computational Monitoring Of Reading For Students With Dyslexia Sistemas de Informação, In: **Proceedings of Lacto**, São Paulo, Brasil,

Anexo A – Tipos de Fontes para pessoas com Dislexia

Algumas fontes específicas para pessoas com dislexia são:

a) Lexia Readble – criada por Keith Bathes em 2004, visto em <http://www.k-type.com/lexie-readable/>

ABCDEFGHIJKLMNO
 PQRSTUVWXYZÀÁÊË
 ÌÎÏÜabcdefghijklmno
 pqrstuvwxyzàáêëîïöü&
 1234567890(\$£€.,!?)

Figura 14 – Mapa de fontes do Lexia Readble.

b) Open Dyslexic – Criada por Aberlardo Gonzalez em 2013, visto em <https://opendyslexic.org/>

ABCDEFGHIJKL
 MNOPQRSTUVWXYZ
 abcdefghijklm
 nopqrstuvwxyz
 0123456789! ? #

Figura 15 – Mapa de fontes do Open Dyslexic.

c) Em Rello e Beaza-Yates (2013), pode-se verificar que as fontes que proporcionaram o maior impacto positivo na capacidade de leitura de pessoas com dislexia, foram: Helvética, Arial, Courier, Verdana e Computer Modern Unicode.

Anexo B – Códigos associados ao RoboDIL

a) Parte de código associado ao *kernel* do microcontrolador

```

void setup() {
    // Inicialização as portas como entrada e saída.
    // Portas do motor
    pinMode(IN1, OUTPUT);
    pinMode(IN2, OUTPUT);
    pinMode(IN3, OUTPUT);
    pinMode(IN4, OUTPUT);
    pinMode(VA,OUTPUT);
    pinMode(VB,OUTPUT);
    //portas do sensor de cores
    pinMode(S0, OUTPUT);
    pinMode(S1, OUTPUT);
    pinMode(S2, OUTPUT);
    pinMode(S3, OUTPUT);
    pinMode(OUT, INPUT);
    digitalWrite(S0,HIGH);
    digitalWrite(S1,LOW);
    digitalWrite(S2,HIGH);
    digitalWrite(S3,LOW);
    // Inicializa a comunicação serial em 9600 bits.
    Serial.begin(9600);}

void loop() {...
    //Controle do motor e do sensor de cores
    if (state == 'C'){//Se o estado recebido for igual 'C', o carro se movimenta
para frente
        digitalWrite(IN1,HIGH);
        digitalWrite(IN2,LOW);
        digitalWrite(IN3,LOW);

```

```
digitalWrite(IN4,HIGH);
analogWrite(VA,250);
analogWrite(VB,250);  }
else if (state == 'B'){//Se o estado recebido for igual a 'B', o carro se
movimenta para trás.
digitalWrite(IN1,LOW);
digitalWrite(IN2,HIGH);
digitalWrite(IN3,HIGH);
digitalWrite(IN4,LOW);
analogWrite(VA,250);
analogWrite(VB,250); }
else if (state == 'D'){// Se o estado recebido for igual a 'D', o carro se
movimenta para direita.
//Serial.println (state);
digitalWrite(IN1,HIGH);
digitalWrite(IN2,LOW);
digitalWrite(IN3,HIGH);
digitalWrite(IN4,LOW);
analogWrite(VA,250);
analogWrite(VB,170); }
else if (state == 'E'){// Se o estado recebido for igual a 'E', o carro se
movimenta para esquerda.
//Serial.println (state);
digitalWrite(IN1,LOW);
digitalWrite(IN2,HIGH);
digitalWrite(IN3,LOW);
digitalWrite(IN4,HIGH);
analogWrite(VA,170);
analogWrite(VB,250); }
else if (state == 'P'){// Se o estado recebido for igual a 'P', o carro permanece
parado.
//Serial.println (state);
```

```

digitalWrite(IN1,LOW);
digitalWrite(IN2,LOW);
digitalWrite(IN3,LOW);
digitalWrite(IN4,LOW);
analogWrite(VA,0);
analogWrite(VB,0); }

else if (state == 'L'){// Se o estado recebido for igual a 'L', o sensor de cores
eh acionado.

// Aciona a subrotina que trata do sensor de cores
l = lecor();
leu = 1;
state = 'P'; }

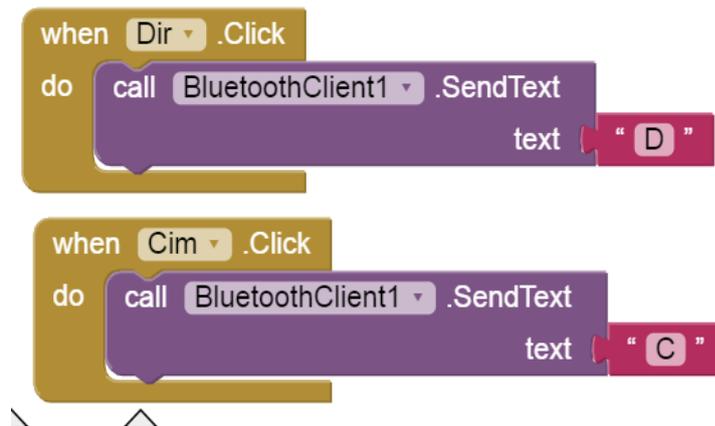
```

b) Parte do código do aplicativo (em blocos do *MIT AppInventor*)

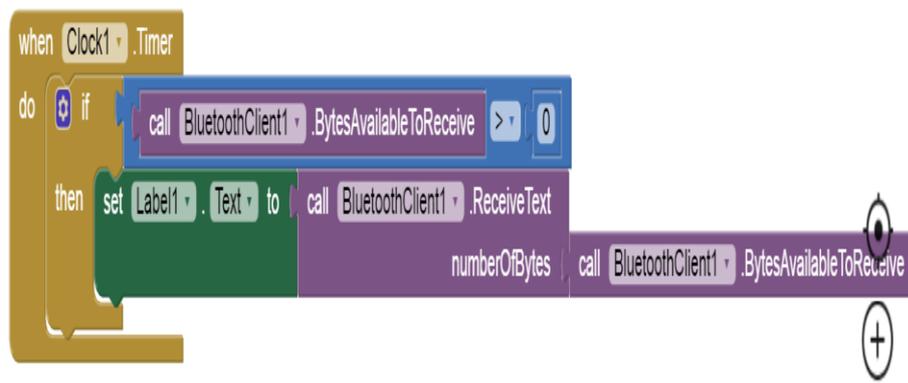
Bloco de conexão com o *bluetooth* do robô:



Bloco de envio de mensagens do Aplicativo para o *kernel* do microcontrolador



Bloco de recepção de mensagens do *kernel* do microcontrolador para o Aplicativo



Anexo C – Manual de uso do Aplicativo

Antes de iniciar o uso do Aplicativo, faz-se necessário habilitar o uso de *bluetooth* em seu dispositivo móvel para que possa tratar da conexão com o robô. Uma vez habilitado, fazer o pareamento inicial (apesar de não ser obrigatório), para facilitar a conexão do aplicativo direto com o robô. O aplicativo funciona com o toque nos símbolos, que ativam os comandos, conforme a Tabela 2 indica.

Tabela 2 – Símbolos e comandos do Aplicativo.

Símbolo	Comando
	Conectar ao Robô com <i>bluetooth</i> .
	Fazer o Robô seguir em frente.
	Fazer o Robô ir para trás.
	Fazer o Robô ir para esquerda.
	Fazer o Robô ir para direita.
	Parar o Robô.
	Ler a cor do bloco no qual o Robô estiver posicionado e devolver a letra associado ao bloco, no visor superior do Aplicativo.

Anexo D – Particularidades da experiência

Os testes foram planejados para ocorrerem nos meses de agosto, setembro e outubro de 2020. Durante esses meses o país estava em *lockdown* escolar, devido a situação de pandemia do COVID19, que impossibilitou que pudesse ser feita qualquer teste em ambiente escolar, fosse escola fundamental ou universidade. Contudo, foi possível achar, no condomínio do orientador, três pessoas que se dispuseram a utilizar o RoboDIL e testar as habilidades desse ambiente em relação a dislexia e leitura.

Duas dessas pessoas eram portadoras dessa disfuncionalidade (a dislexia), sendo ambos universitários, com ensino médio completo, com idades entre 25 e 26 anos. A pessoa sem dislexia tinha 57 anos de idade, com apenas o fundamental, de forma incompleta e também se disponibilizou a usar o ambiente para testar suas características para leitura. Todos os resultados estão mapeados na Tabela 1, contudo frisa-se que a pouca representatividade foi devido a situação atípica pelo qual o país passa, mas, mesmo assim, foi possível testar o RoboDIL com pessoas com e sem dislexia, focando-se na proposta inclusiva.

Anexo E – Textos de Leitura aplicados antes e depois dos testes com o RoboDIL

Os textos utilizaram as letras o, u, j, d, a, e, i, p, m, n, b, q. Todos foram impressos em letras cursivas, minúsculas em papel branco, fonte helvética, tamanho 16. Ambos os textos podem ser lidos por pessoas sem dislexia em até 10 segundos.

Texto 1

a meia de queijo que deu um pé de jade, em um jipe do bom boi de dúbio dia.

Texto 2

o dia da jiboia que não danou a dama, que não deu o menu do cajado do bode do pajé.