



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Desenvolvimento de Manipulativos Digitais para Criação Colaborativa de Histórias

Tiago Pires Antunes Sampaio

**Desenvolvimento de Manipulativos Digitais
para Criação Colaborativa de Histórias**

UMinho | 2020

Janeiro de 2020



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Tiago Pires Antunes Sampaio

**Desenvolvimento de Manipulativos
Digitais para Criação Colaborativa de
Histórias**

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Engenharia Eletrónica e de Computadores
Ramo de Tecnologias Sistemas de Informação

Trabalho elaborado sob a orientação da
Doutora Filomena Soares
Doutora Cristina Sylla

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Agradecimentos

No final do meu percurso académico, quero agradecer à Doutora Cristina Sylla e à Doutora Filomena Soares pela orientação, partilha de conhecimentos e de experiências.

Deixo o meu agradecimento, também, aos colegas do projeto *Mobeybou*, aos colegas do 2º ano da Licenciatura em Educação Básica da Universidade do Minho e a todas as crianças que participaram nas atividades implementadas, por vivenciarem comigo esta etapa que me fez crescer a nível pessoal e me deu ferramentas para o futuro, em termos profissionais.

Aos meus pais e irmã, que sempre acreditaram em mim, me deram força, confiança, apoio incondicional, agradeço a paciência e compreensão em todos os momentos desta jornada, nunca me deixando desistir quando as coisas se tornavam difíceis.

Aos meus colegas Bruno Nova e Paulo Passos, por toda a ajuda e momentos que vivemos ao longo desta etapa.

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto: "MoBeyBOU: Moving Beyond Boundaries - Designing Narrative Learning in the Digital Era", referência: POCI-01-0145-FEDER-032580, financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia - FCT, e o Fundos Europeus Estruturais e de Investimento FEDER através do Programa Operacional Competitividade e Internacionalização.

Cofinanciado por:



DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Resumo

Manipulativos Digitais são objetos físicos, embutidos com computação, que podem ser usados para manipular informação digital, por forma a tornar mais natural a interação entre utilizador e máquina. Este novo paradigma de interação tem impacto em áreas diversificadas, permitindo uma interação com o meio físico transposto para um meio virtual. Com a constante evolução tecnológica há várias abordagens a este tipo de sistemas, o que os torna únicos.

A par com os desenvolvimentos tecnológicos, existem também diversos trabalhos sobre o desenvolvimento de Manipulativos Digitais que visam investigar o seu efeito na aprendizagem de crianças. No âmbito deste tipo de estudos, têm sido desenvolvidos Manipulativos Digitais para serem usados por crianças do ensino pré-escolar e básico, revelando-se a receptividade das crianças deste nível de ensino ao uso deste tipo de sistema, bem como a contribuição positiva do uso destes manipulativos para o desenvolvimento de capacidades cognitivas e competências sociais.

O presente trabalho de dissertação de Mestrado teve como ponto de partida o projeto *Mobeybou - Moving Beyond Boundaries – Designing Narrative Learning in the Digital Era* [<http://mobeybou.com/>]. O projeto *Mobeybou* pretende contribuir para o desenvolvimento do conhecimento sobre o potencial dos Manipulativos Digitais (DM) na aprendizagem e socialização de crianças pequenas, através da construção colaborativa de narrativas digitais e, ao mesmo tempo, investigar seu potencial para promover multiculturalismo entre os utilizadores.

Neste contexto, o objetivo do trabalho centrou-se no desenvolvimento de um sistema físico de deteção de peças, embutidas com eletrónica, que permitem a manipulação de conteúdos digitais, nomeadamente, a criação colaborativa de narrativas, revelando-se uma ferramenta bastante útil para o desenvolvimento de competências em crianças, em estudos efetuados.

Palavras-Chave: Manipulativos Digitais; Sistemas Ubíquos; Narrativas; Interfaces Tangíveis.

Abstract

Digital Manipulatives are physical objects, embedded with computation, which can be used to manipulate digital information, in order to make the interaction between user and machine more natural. This new interaction paradigm has an impact on various areas, allowing a very natural interaction with the virtual environment through physical manipulation. With the constant technological evolution, there are several approaches to this type of systems, which makes them unique.

Along with technological developments, there are also several works on the development of Digital Manipulatives that aim to investigate its effect on children's learning. Within the scope of this type of studies, some Digital Manipulatives have been developed to be used by children in pre- and primary school, revealing children's receptivity to these type of systems, as well as the positive contribution of the use of these manipulatives for the development of cognitive and social skills.

This Master's dissertation was developed within the Mobeybou project - Moving Beyond Boundaries - Designing Narrative Learning in the Digital Era [<http://mobeybou.com/>]. The Mobeybou project aims to contribute to the development of knowledge about the potential of Digital Manipulatives (DM) in the learning and socialization of young children, through the collaborative construction of digital narratives and, at the same time, investigating their potential to promote multiculturalism among users

In this context, the objective of this work focused on the development of a physical system for detecting pieces, embedded with electronics, which allow the manipulation of digital content, namely, the collaborative creation of narratives, proving to be a very useful tool for the development of these skills in children.

Keywords: Digital Manipulatives, Ubiquitous Systems, Narratives, Tangible Interfaces.

ÍNDICE

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract	vi
Lista de Figuras.....	ix
Lista de Tabelas	xi
Acrónimos e Siglas.....	xii
Capítulo 1 Introdução	1
1.1 Enquadramento e motivação	1
1.2 Objetivos	3
1.3 Organização do documento	4
Capítulo 2 Estado da Arte	5
2.1 Manipulativos Digitais para crianças.....	5
2.2 Tecnologias Associadas	10
2.2.1 Microcontroladores e Protocolos de Comunicação com fios	10
2.2.2 Bluetooth.....	13
2.2.3 Tags RFID.....	14
2.3 Observações.....	14
Capítulo 3 Metodologia	16
3.1 Entidades.....	16
3.2 Material Utilizado.....	19
3.3 Desenvolvimento da Experiência	20
Capítulo 4 Desenvolvimento do Sistema.....	22
4.1 Desenvolvimento de um Protótipo	22
4.2 Funcionamento do Sistema	23
4.2.1 Topologia Master/Slave – I ² C	26
4.2.2 Comunicação com a aplicação gráfica.....	27
4.2.3 Mecanismo de leitura.....	28
4.3 Blocos Físicos/Peças.....	31
Capítulo 5 Testes e resultados obtidos	38
5.1 Testes em Ambiente Laboratorial	38
5.1.1 Fase 1.....	38
5.1.2 Fase 2.....	41
5.1.3 Fase 3.....	43
5.2 Testes em Ambiente Real	44
5.2.1 Atividade 1	45
5.2.2 Atividade 2	46
5.3 Análise de Resultados.....	47
Capítulo 6 Conclusões e Perspetivas Futuras	49
Lista de Referências	51

Anexo I Maquete dos Invólucros do Blocos Físicos	53
Anexo II Passos de Utilização do Sistema.....	57
Anexo III Composições Escritas por Alunos do 4º Ano	60
Anexo IV Composições Escritas por Alunos do Ensino Pré-escolar	65

Lista de Figuras

Figura 2.1. <i>Algoblock</i> [7].	5
Figura 2.2. <i>MediaBlocks</i> [9].	6
Figura 2.3. <i>Electronic Blocks</i> [11].	7
Figura 2.4. <i>Block Jam</i> [12].	7
Figura 2.5. <i>BodaBlocks</i> .	8
Figura 2.6. <i>Siftables</i> .	8
Figura 2.7. <i>TOK</i> .	9
Figura 2.8. Protocolo <i>FC</i> [25].	11
Figura 2.9. Transferência de dados Protocolo <i>FC</i> [25].	12
Figura 3.1. Padrão de história 1.	18
Figura 3.2. Padrão de história 2.	18
Figura 4.1. Conceito do Sistema de Leitura de Peças.	23
Figura 4.2. Padrões de conexão dos vários tipos de entidades.	24
Figura 4.3. Método de conexão dos vários tipos de entidades.	24
Figura 4.4. Conteúdos digitais dos blocos físicos (Protagonista e Antagonista).	25
Figura 4.5. Conteúdos digitais dos blocos físicos (Protagonista com Objeto e Antagonista).	25
Figura 4.6. Trama de dados para a comunicação <i>Bluetooth</i> .	28
Figura 4.7. <i>Pic16f15313</i> [32].	29
Figura 4.8. Fluxograma do programa contido no <i>Master</i> .	30
Figura 4.9. Conector tipo fêmea usado para a comunicação entre peças.	32
Figura 4.10. <i>Master</i> .	32
Figura 4.11. Esquema elétrico do bloco <i>Master</i> .	33
Figura 4.12. Bloco do tipo Protagonista.	33
Figura 4.13. Esquema elétrico de um bloco do tipo <i>slave</i> .	34
Figura 4.14. Conexão de Objeto com Protagonista e um Antagonista.	34
Figura 4.15. <i>Layout</i> da PCB dos <i>Slaves</i> .	35
Figura 4.16. Resultado da PCB produzida para os <i>slaves</i> .	36
Figura 4.17. Cenário de aplicação.	37
Figura 5.1. Transmissão ao endereço <i>0x22</i> .	39
Figura 5.2. Transmissão ao endereço <i>0x2A</i> .	39
Figura 5.3. Terminal da comunicação <i>Bluetooth</i> com 0 blocos conectados.	40
Figura 5.4. Terminal da comunicação <i>Bluetooth</i> com 8 blocos conectados.	40
Figura 5.5. Captura de ecrã de 8 blocos conectados ao mesmo tempo.	41
Figura 5.6. Blocos físicos em protótipo <i>veroboard</i> .	42
Figura 5.7. Bloco tipo Protagonista em protótipo <i>veroboard</i> .	42
Figura 5.8. Funcionamento do sistema com o protótipo <i>veroboard</i> de teste.	43

Figura 5.9. Interior de um bloco físico em protótipo final.....	43
Figura 5.10. Crianças a experimentar o sistema desenvolvido no estudo 1.....	46
Figura 5.11. Crianças a experimentar o sistema desenvolvido no estudo 2.....	47

Lista de Tabelas

Tabela 4.1. Endereços dos blocos físicos com conteúdos digitais	26
Tabela 5.1. Endereços dos blocos físicos com conteúdos digitais	40

Acrónimos e Siglas

Acrónimo / Sigla	Significado
GUI	<i>Graphical User Interface</i>
TUI	<i>Tangible User Interface</i>
I ² C	<i>Inter-Integrated Circuit</i>
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
PCB	<i>Printed Circuit Board</i>

Capítulo 1

Introdução

Ao longo deste capítulo, será abordado o enquadramento desta dissertação, bem como a motivação que levou à escolha deste tema. Também neste capítulo, são expostos os objetivos desta dissertação e, finalmente, é feita uma breve explicação sobre a organização de todo o documento.

1.1 Enquadramento e motivação

O conceito Manipulativos Digitais foi proposto por [1] como sendo objetos físicos, embutidos com computação, que as crianças podem usar para manipular informação digital. Por seu lado, em [2], foi cunhado o termo Interfaces Tangíveis, TUI, um novo paradigma de interação que permite ultrapassar a interação limitada que existe entre as Interfaces Gráficas, GUI, e o mundo físico. Este novo tipo de Interfaces combina a interação dos dois mundos, físico e virtual, utilizando objetos físicos providos de computação ubíqua, o que permite uma interação mais natural entre máquina e utilizador.

Desta forma, por ambos os termos se referirem à manipulação de informação digital a partir de objetos físicos providos de computação, serão usados, no âmbito deste trabalho, como sinónimos, sendo que a principal diferença entre este novo tipo de Interfaces e as Interfaces Gráficas reside no facto de os Manipulativos Digitais/TUI conjugarem a tecnologia existente de uma Interface Gráfica com o mundo físico.

A presente dissertação insere-se num projeto de maior dimensão, o projeto *Mobeybou*. Este projeto pretende contribuir para o desenvolvimento de conhecimento sobre o potencial dos Manipulativos Digitais (MD) na aprendizagem e socialização de crianças pequenas, através da construção colaborativa de narrativas digitais - analisando as narrativas produzidas através da manipulação de um “*scaffold*” digital - e, ao mesmo tempo, investigar seu potencial para promover multiculturalismo entre os utilizadores [3]. Trata-se de um projeto que integra uma vasta equipa de investigadores, de diversas áreas de conhecimento, trabalhando todos para o mesmo objetivo, o qual não só passa pelo desenvolvimento de Manipulativos Digitais, mas também pela validação dos mesmos, em testes com crianças, no sentido de aferir em que medida estes materiais poderão contribuir para o

desenvolvimento de capacidades narrativas, para o conhecimento de outras culturas, bem como para o desenvolvimento cognitivo, em geral.

O crescente desenvolvimento da tecnologia e a redução, contínua, do tamanho e do custo dos componentes eletrónicos permitiu integrar estes componentes eletrónicos em objetos físicos, facilitando a interação entre estes, o utilizador e o mundo virtual no uso quotidiano. São disso exemplo, o telemóvel e o *tablet*, cujo utilização é cada vez mais comum, tendo havido, por isso, uma redução de custos no desenvolvimento de novos componentes e dispositivos. A facilidade de acesso a estes componentes permite, desta forma, a criação de novos protótipos de TUI/Manipulativos Digitais [4].

Os Manipulativos Digitais/TUI podem ser um elemento importante para compreender o funcionamento de sistemas complexos, na medida em que simplificam a interação com Interfaces Gráficas. O potencial deste tipo de Interfaces traduz-se no seu contributo para a aprendizagem pela sua natureza experimental, como mostra, por exemplo, um estudo realizado por [5], que apresenta claras evidências que uma Interface Tangível, bem desenhada, pode oferecer vantagens significativas em relação a uma típica Interface Gráfica, sobretudo quando utilizada por crianças. Assim, vários trabalhos têm surgido no âmbito da exploração do potencial dos Manipulativos Digitais no desenvolvimento cognitivo de crianças pequenas, como é exemplo o estudo levado a cabo por [6], inserido no projeto *Mobeybou*. No âmbito deste estudo foram desenvolvidos Manipulativos Digitais para serem usados por crianças do ensino pré-escolar e primeiro ciclo, na criação colaborativa de histórias. Nas conclusões do referido estudo é destacada a receptividade das crianças, deste nível de ensino, ao uso deste tipo de sistema, bem como a contribuição positiva do uso destes manipulativos para o desenvolvimento de capacidades cognitivas e competências sociais. O sistema desenvolvido, o *TOK (Touch, Organize, Create)*, consiste na deteção de peças/blocos, embutidos com padrões condutores, através de uma plataforma física provida de sensores capacitivos com capacidade de leitura de 6 blocos em simultâneo, em que cada bloco tem um elemento de narrativa associado e que é acionado e apresentado no ecrã do computador/tablet quando colocado na plataforma eletrónica. A aplicação gráfica, na parte do ecrã, permite a mistura e remistura de todos os elementos da narrativa (através dos blocos físicos). Os blocos são codificados em quatro entidades distintas: Cenário, Elementos da Natureza, Objetos e Personagens. O resultado da história criada depende da escolha dos blocos colocados sobre a plataforma, provocando resultados diferentes, o que permite envolver as crianças na exploração de diferentes narrativas.

O *TOK* foi o projeto inicial, do qual o *Mobeybou* parte e constrói sobre ele. Resultante de estudos feitos anteriormente com o mesmo, esta Dissertação terá como ponto de partida o conceito projetado pela

equipa do *Mobeybou*, contudo, diferentemente do protótipo desenvolvido anteriormente, o *TOK*, será, agora, criado um sistema de leitura de peças sem a necessidade do uso de uma plataforma física. Esta alteração foi baseada em conclusões retiradas de estudos feitos anteriormente com o *TOK*, e prende-se com o facto de que o uso de uma plataforma com seis espaços para colocação de peças pode limitar a criatividade das crianças, devido ao número reduzido de blocos que a plataforma consegue ler em simultâneo, diminuindo, desse modo, o leque de possibilidades para a criação das narrativas.

Desta forma, a motivação pessoal para escolha deste tema prende-se com o facto de o uso de Manipulativos digitais permitir a conjugação do mundo virtual com o mundo físico, resultando de um sistema mais interativo e apelativo para o utilizador. Este tipo de sistemas promove o desenvolvimento cognitivo, especialmente quando usado por crianças, sendo que, pode vir a revelar-se como uma possível alternativa ao ensino.

1.2 Objetivos

A partir da análise de diferentes tipos de tecnologia associados ao desenvolvimento de Manipulativos Digitais/TUI, bem como diferentes tipos de abordagens, procurou-se aliar a tecnologia existente ao conceito do *Mobeybou*. Neste contexto, o objetivo principal desta dissertação é desenvolver um sistema físico de deteção de peças que permite a manipulação de conteúdos digitais para a criação colaborativa de histórias. Para tal, desenvolver o *Hardware* necessário para o funcionamento do sistema, o qual comunica via Bluetooth com um computador/ *tablet* onde se encontra instalada a aplicação gráfica *Mobeybou* que exhibe os conteúdos digitais.

Os conteúdos digitais das peças são de caráter multicultural. O *Mobeybou* procura, nas suas histórias, apresentar elementos de diversas culturas a partir do desenvolvimento de diversos kits, em que cada kit se refere a uma diferente cultura. No desenvolvimento desta dissertação, foi integrado o kit referente à cultura da Índia nas peças desenvolvidas, em que cada uma destas peças representa um elemento da cultura da Índia (por exemplo, paisagem, personagem referente a uma figura característica desta cultura, etc.) na construção das narrativas.

A partir da análise dos objetivos surgem algumas questões de investigação que esta dissertação vem tentar responder: será a Interface Tangível desenvolvida apelativa e fácil de utilizar? Poderá esta abordagem revelar-se como uma ferramenta de apoio à aprendizagem de crianças?

1.3 Organização do documento

Este documento está organizado em cinco capítulos.

No capítulo 1 foi feita uma breve introdução do tema desta dissertação, onde foram apresentadas as motivações e o enquadramento deste trabalho, bem como os seus objetivos. No capítulo 2, apresenta-se o estado da arte, referindo alguns trabalhos desenvolvidos na área das Interfaces Tangíveis mais focadas para uso com crianças bem como algumas tecnologias associadas. No capítulo 3 é descrita a metodologia usada ao longo do trabalho. No capítulo 4 é descrito o desenvolvimento do trabalho realizado no âmbito desta dissertação, falando sobre as várias técnicas usadas para a implementação do sistema de leitura e abordando várias questões sobre o sistema desenvolvido bem como o seu funcionamento. No capítulo 5, são tratados os resultados obtidos, quer em ambiente de laboratório como em ambiente real, com crianças. Finalmente, no capítulo 6 é feita uma breve conclusão do trabalho desenvolvido e são analisadas possíveis perspetivas futuras.

Capítulo 2

Estado da Arte

Existem diversos Manipulativos Digitais/TUI com aplicações na área de desenvolvimento cognitivo em crianças. Os primeiros Manipulativos Digitais desenvolvidos neste contexto começaram a aparecer na década de 1990 e ainda hoje continuam a ser desenvolvidos. Ao longo deste capítulo serão abordados alguns desses trabalhos, sendo apresentados de forma cronológica, começando com os trabalhos mais antigos até aos mais recentes. À medida que se avança no tempo é possível notar uma evolução tecnológica que ocorreu no desenvolvimento deste tipo de sistemas, que passa pela construção de pequenos blocos físicos que manipulam simples Interfaces Gráficas, em que grande parte desses blocos físicos são feitos de modo a serem facilmente manipulados pelos utilizadores, por exemplo em forma de cubo, até ao desenvolvimento de Interfaces Tangíveis complexas, providas de realidade virtual.

2.1 Manipulativos Digitais para crianças

O *AlgoBlock*, [7] é uma linguagem de programação tangível, constituído por blocos físicos que podem ser conectados, entre si, manualmente, por forma a criar um programa. Estes blocos são ligados a um computador para executar o programa (ver Figura 2.1), sendo que cada bloco corresponde a um comando de programação.

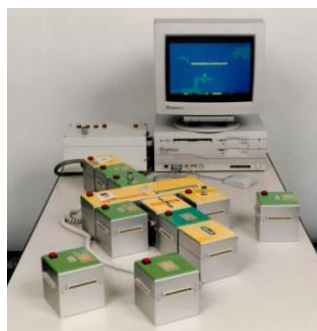


Figura 2.1. *AlgoBlock* [7].

Através da manipulação de blocos físicos e por meio de comandos, como por exemplo, virar para esquerda/direita, os utilizadores controlam um submarino, que é exibido graficamente num *display*. O principal objetivo do *AlgoBlock* é permitir que alunos do ensino básico e secundário possam desenvolver competências de planeamento de procedimentos e de construção através de atividades

em grupo, através da construção de figuras/logotipos a partir da manipulação de objetos físicos providos de computação, em que cada figura executa um comando diferente.

O projeto *Rosebud* [8] é um sistema interativo tangível para criação de histórias através de peluches. Este sistema conecta os peluches ao computador de uma forma em que um complementa o outro, isto é, o computador guarda as histórias gravadas no peluche, que mais tarde podem vir a ser partilhadas. Desta forma, o brinquedo serve como meio de transmissão para o computador com o objetivo de partilhar as histórias com outros utilizadores e serve, também, para guardar as histórias para mais tarde serem reproduzidas. Este projeto pretende ilustrar como a interação entre a criança, brinquedo e computador ajuda a desenvolver competências de criação de histórias assim como competências de colaboração através da interação com outros utilizadores.

MediaBlocks [9] consiste em pequenos blocos de madeira que podem ser mapeados eletronicamente, servindo como ícones físicos para manipular média online (ver Figura 2.2). O *MediaBlocks* interage com os *inputs* dos média, através dos blocos físicos, e com os dispositivos de saída (câmaras de vídeo, projetores, etc.), permitindo que informação digital seja rapidamente “copiada” de uma fonte de média e mostrada num *display*. Estes blocos são compatíveis com as GUI tradicionais, servindo como elementos físicos de controlo de média.

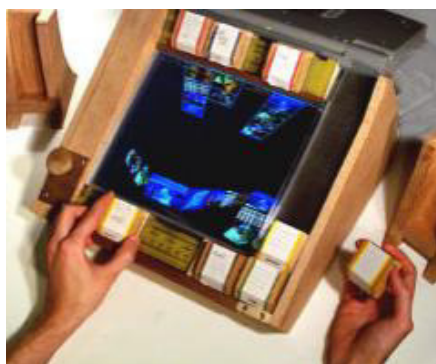


Figura 2.2. *MediaBlocks* [9].

TellTale [10] é um Manipulativo Digital, em forma de uma lagarta, constituído por 5 partes modulares e uma cabeça. As crianças podem gravar histórias em cada uma das partes do corpo e reproduzi-las. As diferentes partes do corpo do brinquedo podem ser separadas umas das outras e ordenadas novamente com uma sequência diferente, sendo que as crianças podem organizar as suas histórias de várias formas. O *TellTale* permite que as crianças contem histórias oralmente, podendo reorganizá-las, e assim refletir sobre a organização das suas narrativas.

Os *Electronic Blocks* [11] são blocos físicos com forma semelhante aos legos, embutidos com circuitos eletrónicos (ver Figura 2.3). As crianças podem fazer construções, e criar pequenos programas de

computador através das interações físicas. Cada bloco representa uma função diferente. Os utilizadores conseguem construir pequenos robôs, carros de controlo remoto e sistemas de luzes que desligam e ligam com o bater de palmas. O sistema pretende introduzir as crianças à programação de uma forma simples e intuitiva.



Figura 2.3. *Electronic Blocks* [11].

Block-Jam [12] é uma Interface Tangível constituída por blocos físicos, que podem ser organizados de diversas maneiras, servindo de entradas para controlar um sequenciador polirrítmico (ver Figura 2.4). Desta forma é possível estabelecer um sistema interativo de música.



Figura 2.4. *Block Jam* [12].

O *SystemBlocks* [13] é um sistema de modelação e simulação. É constituído por pequenos blocos de madeira embutidos de computação que se conectam entre si, permitindo criar e simular modelos de estruturas de dados. Este sistema foi desenvolvido para crianças entre os 5 e 7 anos de idade, com o objetivo de mostrar como funcionam os sistemas de fluxo de dados presentes no quotidiano. Quando um modelo é formado, os utilizadores conseguem ver o fluxo de dados a partir de “tokens” de luz que são transmitidos de bloco para bloco.

BodaBlocks [14] é constituído por 16 cubos luminescentes que podem ser organizados em diversas configurações e programados para exibir padrões de luz e cor (ver Figura 2.5). A programação dos blocos pode ser feita de uma forma física ou via *Software*, apresentando vários modos de operação.

Figura 2.5. *BodaBlocks*.

Os *Siftables* [15] são pequenos blocos embutidos com computação, que exibem gráficos e reagem ao movimento e posição (ver Figura 2.6). Este sistema tem bastante potencial para criação de jogos didáticos e interativos com crianças, nomeadamente a criação de histórias. Os blocos *Siftables* [16] são constituídos por um display *lcd*, sensores de movimento e uma unidade de processamento central (*cpu*), baseado em ARM de 32 bits, com possibilidade de conexão a um computador, através de USB.

Figura 2.6. *Siftables*.

Cada bloco tem uma bateria recarregável, permitindo três horas de utilização entre cargas. O sistema também utiliza *tags* RFID (*Radio Frequency Identification*) para deteção de objetos.

O *t-stories* [17] é um sistema de reprodução e gravação de áudio, que utiliza uma topologia cliente-servidor e é composto por 10 módulos cliente e um módulo servidor. Cada módulo cliente tem imanes em cada um dos seus lados para se poderem ligar entre si e ao servidor. É possível gravar em cada cliente, colocando-o sobre o servidor enquanto se carrega num botão de gravação. Para reproduzir o áudio, ligam-se os módulos gravados entre si e ao servidor, sendo que o áudio é reproduzindo da esquerda para direita. Alternativamente, os utilizadores podem manter o servidor sobre o cliente para ouvir o som correspondente. Desta forma, as crianças podem gravar frases nos diferentes clientes,

por forma a criar narrativas, colaborativamente. Tal como o *TellTale*, o *t-stories* permite a reordenação dos módulos.

TOK [6] consiste numa plataforma eletrónica que se conecta a um *tablet* ou computador via USB ou *Bluetooth* e 23 blocos físicos. O sistema identifica até 250 blocos diferentes. A plataforma eletrónica tem, na sua superfície, espaços para a colocação dos blocos (ver Figura 2.7). Estes blocos têm padrões condutores na sua base que são lidos por sensores capacitivos embutido na plataforma. Os padrões condutores codificam o ID de cada bloco, que representam quatro entidades distintas: Cenários, Personagens, Objetos e Elementos da Natureza. A relação entre as entidades é definida usando árvores de comportamento. Quando se coloca um bloco sobre a plataforma, é exibido no *display* o conteúdo digital correspondente criando, assim, uma narrativa visual. O conteúdo digital desaparece do display quando o respetivo bloco é removido da plataforma.



Figura 2.7. *TOK*.

Cada entidade segue um conjunto de regras e o seu comportamento depende de outras entidades que estejam colocadas na plataforma. Assim, não existem histórias pré-definidas, o que torna a criação de histórias imprevisível e espontânea, únicas a cada utilização.

Duas Interfaces Tangíveis [18], *FlyStick* e *PrimBox*, para o ensino de geometria no ensino secundário, utilizam realidade aumentada. Com o *FlyStick*, o utilizador pode controlar livremente um objeto virtual através de seis escalões diferentes. O *PrimBox*, é usado para modificar objetos virtuais (posição, tamanho, rotação e cor). Trata-se de um ambiente virtual em que os alunos usaram Interfaces Tangíveis para aprender conceitos de geometria.

O *T4T* [19] é um projeto de realidade aumentada a partir de uma Interface 3D para manipulação de objetos. Nesta Interface Tangível são analisados objetos em tempo real, através de uma câmara, projetando uma imagem 3D para um ecrã que permite interagir com os objetos reais, presentes na imagem.

ARPB [20] é um projeto de construção de livros com realidade aumentada, dirigido a crianças do ensino pré-escolar. Pretende estudar a reação das crianças a este tipo de ilustrações, transformando

imagens 2D em objetos virtuais 3D. A realidade aumentada desperta a atenção das crianças, podendo vir a ser, potencialmente, uma forma atraente e divertida de aprender. Um dos problemas deste tipo de tecnologia é que ainda se encontra numa fase inicial de desenvolvimento.

Project Zanzibar [21] é um tapete flexível que localiza, identifica e comunica com objetos tangíveis colocados na sua superfície, identifica também gestos de toque feitos pelo utilizador. Este tapete combina uma tecnologia que recorre ao uso de sensores capacitivos com uma tecnologia de comunicação por *tags NFC (Near Field Communication)*, permitindo a criação de um tapete flexível e portátil ao ponto de poder ser enrolado e grande o suficiente de modo a permitir a interação com múltiplos objetos físicos. Este projeto dispõe de diversas aplicações/jogos dirigidas a crianças, sendo um dos seus principais objetivos a possibilidade de ser integrada em métodos de ensino.

2.2 Tecnologias Associadas

A área de tecnologia associada ao desenvolvimento de Manipulativos Digitais relaciona-se com a área de Sistemas Ubíquos. O conceito de Sistemas Ubíquos foi cunhado por Mark Weiser [22], sendo que o seu principal objetivo é tornar natural a interação entre humano e computador de tal modo que as pessoas se “esqueçam” que estão perante objetos providos de computação.

A computação Ubíqua é uma tecnologia de informação e comunicação que utiliza a interação de uma grande quantidade de pequenos nós/dispositivos providos de computação como por exemplo terminais portáteis, telemóveis, redes de sensores, *RFIDs (Radio Frequency IDentification)*, entre outros [23]. Estes nós/dispositivos, por serem usados todos os dias no quotidiano, tornam “invisível” a existência de computação, formando, desta forma, computação ubíqua.

Associados aos Manipulativos Digitais, existem diversas tecnologias usadas no seu desenvolvimento. De seguida referimos algumas dessas tecnologias mais utilizadas no desenvolvimento deste tipo de Interfaces.

2.2.1 Microcontroladores e Protocolos de Comunicação com fios

Um microprocessador é um processador de computador que incorpora as funções de uma unidade central de processamento num único circuito integrado (IC) [24]. O microprocessador é um circuito integrado, acionado por sinais de relógio e baseado em registos, que aceita dados binários como entrada, processando-os de acordo com instruções armazenadas na memória e fornecendo resultados

como saída. Os microprocessadores contêm lógica combinacional e lógica digital sequencial. Operam com números e símbolos representados no sistema numérico binário.

Um microcontrolador (MCU para a unidade microcontrolador ou UC para o controlador μ) é um pequeno computador num único circuito integrado. Um microcontrolador contém um ou mais processadores (núcleos de processador), juntamente com periféricos de entrada e saída de memória e programáveis. Os microcontroladores são projetados para aplicações embebidas, em contraste com os microprocessadores usados em computadores pessoais ou noutros aplicativos de uso geral que consistem em vários chips discretos.

A partir destes componentes é possível implementar diversos protocolos de comunicação entre outros dispositivos externos, nomeadamente protocolos que utilizam topologias *Master-Slave*, como são exemplo o protocolo *I²C* e o protocolo *SPI*.

I²C (Inter-Integrated Circuit)

O *I²C* [25] é uma comunicação tipo série criada pela *Philips*. Este protocolo utiliza uma topologia do tipo *Master-Slave*, suportando uma configuração *multi-Master*. Este protocolo é especialmente usado na comunicação entre periféricos de baixa velocidade e sistemas embebidos. A informação é transferida a partir de três tipos simples de mensagens básicas: uma mensagem do tipo *Master Write*, em que o *Master* escreve para o *Slave*; uma mensagem do tipo *Master Read*, em que o *Master* lê uma mensagem enviada pelo *Slave*; uma combinação de mensagens que envolvem múltiplos *Reads* e *Writes* entre o *Master* e um *Slave*. O *I²C* necessita apenas de dois sinais para a ocorrência de transferência de dados, o sinal de relógio (*SCL-Serial Clock*) e o sinal de dados (*SDA-Serial Data*). Estes sinais são sinais de *open-drain*, pelo que há a necessidade do uso de resistências de *pull-up* (Figura 2.8).

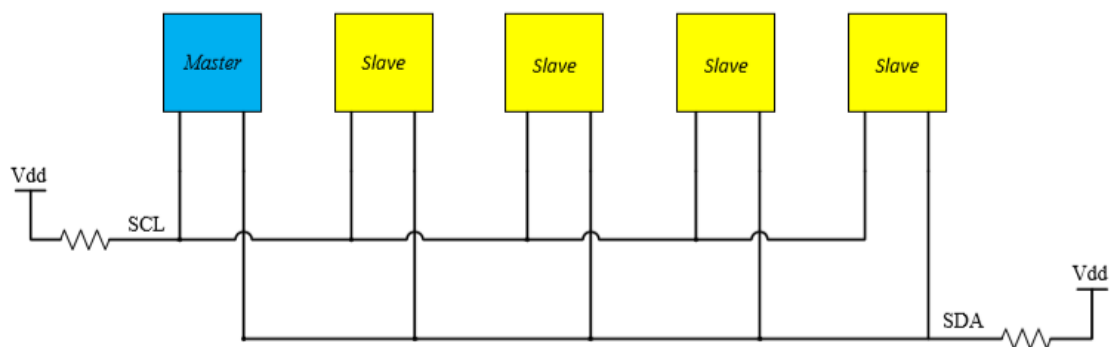


Figura 2.8. Protocolo *I²C* [25].

O uso de sinais *open-drain* possibilita a existência de múltiplos *Masters* no barramento de dados, sendo que a mudança entre a configuração de *Master* e *Slave* pode ser mudada dinamicamente entre dispositivos.

A estrutura de uma mensagem encontra-se na Figura 2.9. Começa com o *Master* a enviar um *start bit*, seguido de uma mensagem de 7 *bits*, que corresponde ao endereço do *Slave* com o qual se quer comunicar. Seguidamente, é enviado um bit que corresponde a uma mensagem de *read* ou de *write*. A transmissão de dados na linha *SDA* é feita apenas quando a linha de relógio *SCL* está a *low*. É transmitido um bit quando ocorre uma transição na linha *SCL* de *low* para *high* e de *high* para *low*, respetivamente. O dispositivo do *Slave*, se estiver presente, responde com um *bit* de confirmação seguido de um bit de *read/write*. Finalmente, o *Master* continua a receber ou a transmitir o resto da mensagem, dependendo do seu tipo.

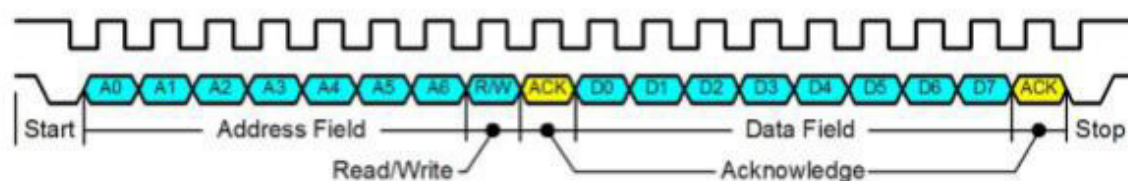


Figura 2.9. Transferência de dados Protocolo *I²C* [25].

A mensagem termina com uma transição de *low* para *high* na linha *SDA*, enquanto a linha *SCL* é mantida *high*. O *I²C* é capaz de transferir dados a taxas entre 100 Kb/s até 3,4 Mb/s.

SPI (Serial to Peripheral Interface)

O protocolo *SPI* é um tipo de comunicação série criado pela *Motorola*, muito usado em microcontroladores pela sua simplicidade [25]. O *SPI* é um tipo de comunicação síncrona. A transferência de dados entre dispositivos ligados no barramento *SPI* é feita de um modo *full-duplex* e utiliza uma topologia do tipo *Master-Slave*, onde o *Master* inicia a transferência de dados com um ou múltiplos *Slaves*. O barramento *SPI* utiliza quatro sinais para a transferência de dados entre dispositivos: *Serial Clock (CLK)*; *Serial Data Output (SDO)*; *Serial Data Input (SDI)*; *Chip Select (CS)*. Os dados são transferidos em qualquer um dos sentidos da transição no registo de relógio *CLK*, dependendo da configuração da polaridade do relógio, sendo que o *Master* controla com qual dos *Slaves* irá comunicar pela seleção do sinal de *Chip Select*. O sinal de relógio que controla a transferência de dados opera tipicamente a frequências entre 1 MHz e 70 MHz, o que possibilita taxas de transferência de dados até 8,75 MB/s.

Diferenças entre a comunicação *I²C* e *SPI*

Ambos os protocolos possuem as suas vantagens, sendo necessário analisar as suas características para posteriormente selecionar a comunicação que mais se adequa. As principais diferenças destes dois tipos de comunicação são:

- A comunicação *I²C* requer apenas o uso de dois fios, enquanto que a comunicação *SPI* requer o uso de três ou quatro fios;
- A comunicação *SPI* suporta comunicação *full-duplex* enquanto que a comunicação *I²C* suporta a comunicação *half-duplex*;
- A comunicação *I²C* suporta a ligação de múltiplos dispositivos no barramento de dados sem a necessidade do uso de novas linhas de sinal;
- A comunicação *I²C* verifica que os dados enviados foram corretamente recebidos pelo *slave*;
- A comunicação *I²C* permite múltiplos *masters* no barramento de dados.

De um modo geral, a comunicação *SPI* é uma comunicação mais rápida, mas não permite tanta flexibilidade na comunicação de múltiplos periféricos no mesmo barramento de dados.

2.2.2 Bluetooth

O *Bluetooth* é um protocolo de comunicação sem fios, que usa técnicas de difusão espectral na gama de 2,4 GHz, conhecida como banda industrial, científica e médica ISM (*Industrial Scientific Medical*) [26]. A comunicação *Bluetooth* suporta múltiplas opções de topologia para melhor atender a possíveis necessidades exclusivas de conectividade sem fios, sendo uma tecnologia que se encontra publicamente disponível.

A tecnologia *Bluetooth* suporta múltiplas opções de interligação via rádio que permitem criar produtos que atendam a requisitos exclusivos de conectividade, desde simples conexões ponto a ponto para *streaming* de áudio a conexões que possibilitam a implementação de serviços de localização.

Os dispositivos *Bluetooth* podem formar pequenas redes num raio até poucas dezenas de metros. É transmitida informação entre os dispositivos conectados nestas pequenas redes. Uma rede formada pela conexão *Bluetooth* de dispositivos é chamada de PAN (*Personal Area Network*), uma rede de uso pessoal. Uma rede PAN baseada em *Bluetooth* pode ser estendida para incluir dispositivos que não foram diretamente ligados pelo utilizador, como por exemplo, um ponto de acesso para aceder à *Internet* [27].

Tal como para outras tecnologias de redes sem-fios existentes, foram desenvolvidos *standards* de rede para a tecnologia *Bluetooth*, retificado com a norma IEE 802.15.1. O modo de transmissão de dados desta tecnologia é o *FHSS* (*Frequency-Hopping Spread Spectrum*), utilizado na gama ISM de 2,4 GHz.

2.2.3 Tags RFID

O termo *tag*, ou etiqueta em português, representa uma palavra-chave ou um termo associado a uma determinada informação. Em eletrónica, uma *tag* é uma identificação que contém informação digital sobre algo que é associado a um objeto virtual. Tem-se como exemplo um cartão pessoal com um circuito embutido associado a informação sobre uma pessoa.

A identificação do tipo *RFID* usa campos eletromagnéticos para identificar automaticamente etiquetas associadas a objetos. As *tags* passivas absorvem energia das ondas de rádio de um leitor *RFID* nas proximidades. As *tags* ativas possuem baterias internas e podem operar a centenas de metro do leitor *RFID*. Ao contrário do código de barras, as *tags* não precisam de estar no campo de visão do leitor *RFID*, portanto podem estar incorporadas no objeto que se quer detetar. O *RFID* é um método para identificação automática e captura de dados [28].

As etiquetas *RFID* são usadas em muitas indústrias, como por exemplo na indústria farmacêutica, os medicamentos podem ser etiquetados com *RFID*, tornando mais fácil a sua pesquisa em armazéns, assim como na indústria de jogos, é possível etiquetar um objeto físico com *RFID*, representando um objeto virtual num jogo.

2.3 Observações

Apesar de alguns estudos referirem [5] que as crianças preferem usar Interfaces Tangíveis em vez das Interfaces Gráficas tradicionais e que as crianças desenvolvem competências através do uso de objetos físicos, é atualmente pouco provável que os Manipulativos Digitais/TUI possam substituir os métodos tradicionais de ensino, dada a complexidade do seu desenvolvimento. Será necessário realizar bastantes testes e experiências, com grande número de intervenientes, para a elaboração de um projeto deste género.

O grande desafio deste projeto passa por desenvolver uma Interface bem desenhada, explorando novas abordagens, sendo necessária a escolha da tecnologia que melhor se adapte a este tipo de problema. A proposta de introdução e exploração de temas que promovam abordagens multiculturais,

despoleta outros possíveis potenciais de aplicação deste tipo de Interfaces que se poderão revelar bastante úteis.

Capítulo 3

Metodologia

Como referido anteriormente, o objetivo principal desta dissertação passa pelo desenvolvimento de uma Interface Tangível que consiste num sistema de leitura de peças/blocos físicos que permitem manipular conteúdos digitais.

O sistema criado forma uma espécie de jogo para crianças com a finalidade de criação de histórias. A cada bloco físico estão associados conteúdos digitais em forma de entidades de narrativas, que as crianças podem manipular, misturando diversos elementos das narrativas

A metodologia seguida é uma metodologia ágil, no sentido em que foi, primeiramente, definido um conceito do modelo a seguir, tentando sempre desenvolver um sistema que melhor satisfaça as necessidades do conceito de entidades desenvolvido, por forma a obter sempre o melhor desempenho de uma forma qualitativa. O conceito teve como base um sistema com topologia do tipo *Master/Slave* para o sistema de leitura de peças, mais concretamente o *FC*.

Assim, depois de desenvolvido o sistema e efetuados os respetivos testes laboratoriais, foram feitas duas atividades com crianças, submetendo o sistema desenvolvido a testes em ambiente real.

Neste capítulo serão abordadas algumas questões da metodologia seguida para a realização deste projeto. Primeiramente será descrito o conceito de entidades pelo qual se rege este sistema. Seguidamente será listado o material utilizado e finalmente, será descrita a experiência realizada ao longo do desenvolvimento o sistema da Interface Tangível.

3.1 Entidades

A construção do mundo digital das narrativas foi modelada de forma a criar um certo elemento de surpresa no desenrolar da história. É baseada no sistema anterior do *Mobeybou*, o *TOK* [6], sendo projetada com o uso de árvores de comportamento. As regras de comportamento das entidades e as relações entre as mesmas pretendem simular um mundo que as crianças pequenas conhecem dos enredos das histórias tradicionais.

Assim sendo, foram definidos quatro tipos de entidades:

- **Cenários**, representam a imagem de fundo onde ocorre a ação, assumindo temas de caráter multicultural, como por exemplo, o Cenário da Índia.
- **Elementos da natureza** (chuva, vento, etc.), permitem a configuração de vários padrões de Cenários;
- **Personagens**, com conteúdos de caráter multicultural, pretendem representar personagens nativas da cultura, neste caso da Índia, [29]. Dentro da entidade do tipo Personagem existem 2 tipos de subentidades, nomeadamente os Protagonistas e os Antagonistas:
 - **Os Protagonistas**, são atacados pelos Antagonistas e podem ser associados a Objetos para se defenderem dos Antagonistas;
 - **Os Antagonistas**, atacam os Protagonistas quando estes não estão protegidos com Objetos;
- **Os Animais**, representam figuras de animais característicos de cada cultura/país e, contrariamente aos Protagonistas, não podem ser associados a Objetos, sendo que também podem ser atacados pelos Antagonistas;
- **Os Objetos**, podem ser associados aos Protagonistas, protegendo-os contra os Antagonistas. Os Objetos são, também eles, de caráter multicultural, assumindo Objetos tradicionais das culturas representadas, por exemplo, o *pungi*, que é um instrumento musical tradicional asiático, originalmente usado em música tradicional indiana [30].

Cada entidade tem a sua árvore de comportamento que define o seu comportamento e a interação com as outras entidades. Isto faz com que haja um certo grau de imprevisibilidade no resultado de cada narrativa, o que permite aos utilizadores a construção de uma grande variedade de narrativas em tempo real.

O facto de existirem temas associados a kits de peças, como por exemplo o conjunto de peças criados para o tema da Índia, não impede que não possa existir interação com peças de outros temas. Neste sistema podem ser misturadas peças correspondentes a diferentes tipos de temas culturais.

A Figura 3.1 e a Figura 3.2 exemplificam alguns padrões de histórias que podem ser construídas.



Figura 3.1. Padrão de história 1.

Na Figura 3.1 é possível observar 3 entidades diferentes e 4 peças distintas conectadas: uma peça do tipo Cenário, que se vê na imagem com o tema da Índia; uma peça do tipo Elementos da Natureza, sendo aqui a representação da chuva; duas peças do tipo Personagem, sendo uma o Antagonista (Nian, uma figura da mitologia chinesa) e a outra o Protagonista (Meera). Na imagem, pode-se ver que a menina, a Meera, está assustada pois encontra-se na presença de um Antagonista sem um Objeto para a proteger.



Figura 3.2. Padrão de história 2.

Na Figura 3.2 estão presentes 3 entidades diferentes e 4 peças distintas. Diferentemente da primeira imagem, não se encontra conectada nenhuma peça do tipo Elementos da Natureza, mas está conectada uma peça do tipo Objeto associada à peça da Personagem Meera, o *pungi*. A imagem mostra que a Meera já não tem medo do Antagonista conectado, pois está a tocar o *pungi*, que a protege.

3.2 Material Utilizado

O material usado para a construção do dispositivo que constitui o *Master* foi:

- Placa de desenvolvimento *ESP32-WROOM* da *Espressif Systems*;
- Conector de 4 pinos (Fêmea);
- Bateria de 3,7 V;
- Botão *on-off*;
- 2 resistências de *pull-up* de 4,7K *Ohm*.

O material usado para a construção da peça que constitui a entidade do tipo Protagonista foi:

- Microcontrolador *PIC16f15313*;
- 3 conectores de 4 pinos (2 machos e 1 fêmea);
- Botão de pressão;
- 1 *led* de cor vermelha;
- 1 resistência de 1K *Ohm*;
- 1 condensador de 4,7 μ F.

O material usado para a construção da peça que constitui a entidade do tipo Cenário foi:

- Microcontrolador *PIC16f15313*;
- 3 conectores de 4 pinos (2 machos e 1 fêmea);
- 1 *led* de cor vermelha;
- 1 resistência 1K *Ohm*;
- 1 condensador de 4,7 μ F.

A lista de material usada para a construção das peças que constituem as entidades do tipo Objeto e Elementos da Natureza foi:

- Microcontrolador *PIC16f15313*;
- 1 conectores de 4 pinos (fêmea);
- 1 *led* de cor vermelha;
- 1 resistência 1K *Ohm*;
- 1 condensador de 4,7 μ F.

O material usado para a construção da peça que faz Interface a entidades do tipo Antagonista foi:

- Microcontrolador *PIC16f15313*;

- 2 conectores de 4 pinos (1 macho e 1 fêmea);
- 1 *led* de cor vermelha;
- 1 resistência 1K *Ohm*;
- 1 condensador de 4,7 μ F.

Para além dos componentes referidos, cada peça foi desenvolvida em placas de *veroboard* numa fase inicial, tendo sido implementadas, posteriormente, em PCB. Os invólucros foram feitos inicialmente com uma impressora 3D juntamente com estruturas de cartão. Numa fase final, foram desenvolvidos invólucros feitos em madeira, que contêm os circuitos em PCB, para serem feitos estudos com crianças.

3.3 Desenvolvimento da Experiência

O desenvolvimento do protótipo descrito ao longo desta dissertação envolveu, essencialmente, 4 fases distintas: desenvolvimento e teste do sistema em *breadboard*; desenvolvimento e teste do sistema em *veroboard*; desenvolvimento de PCB; estudo com crianças.

As 3 primeiras fases de desenvolvimento do protótipo passaram-se em ambiente laboratorial. A fase 1 consistiu no desenvolvimento do sistema em *breadboard*, antes de passar à implementação do conceito de blocos físicos. A fase 2 consistiu no desenvolvimento do sistema em *veroboard*, onde foi possível implementar o conceito de blocos físicos e conseqüentemente foi possível testar o mecanismo do botão de pressão. A fase 3 consistiu no desenvolvimento de PCB, implementando os circuitos nos invólucros de madeira desenvolvidos, por forma a criar o protótipo final.

O sistema teve como ponto de partida a aplicação gráfica desenvolvida anteriormente com a Interface Tangível *TOK* [6]. Nesta altura já se sabia que o sistema gráfico recebia IDs de entidades de narrativas na forma de peças que seriam conectadas. Posto isto, foi necessário, na fase 1, testar o microcontrolador escolhido para cada *slave*. Foram feitos pequenos testes de modo a verificar a manipulação dos registos do microcontrolador, com auxílio a *LEDs*. Da mesma forma, foi efetuado o mesmo método para a placa de desenvolvimento usada no *Master*. Nesta fase de desenvolvimento implementou-se a primeira versão do protótipo. Começou-se por desenvolver a comunicação entre o bloco *Master*, e os blocos *slaves*. A partir de uma *breadboard*, foram simulados os blocos físicos, representados por cada microcontrolador. Cada microcontrolador (bloco físico) tem um endereço associado. Desta forma, o primeiro teste efetuado foi o teste à comunicação *FC* implementada.

Depois de ultrapassada a fase 1, foi possível obter uma ideia geral de como iria funcionar o sistema. Nesta nova fase surgiu a necessidade de testar o sistema como realmente ele iria ser, ou seja, peças independentes que se iriam conectar entre si, enviando informação digital. Foi, também, durante esta fase que se testou o botão de pressão usado como identificador de conexão de um Objeto. Com este mecanismo validado, foi possível avançar para a standardização dos blocos físicos com a criação de PCB, de maneira a tornar mais fácil a criação de novas entidades.

Na fase 3, depois de validado o sistema, desenvolveram-se placas PCB das peças. À medida que são desenvolvidos novos conteúdos digitais para a criação de histórias, é atribuído um endereço consoante a sua entidade e integrar um circuito impresso. Desta forma é criada uma nova peça para a criação de narrativas.

A última fase deste trabalho, a fase 4, consistiu em duas atividades experimentais desenvolvidas com crianças do ensino pré-escolar e ensino básico. Estas atividades foram organizadas em conjunto com um grupo de alunos da Licenciatura em Educação Básica do Instituto de Educação (IE) da Universidade do Minho, com o objetivo de estudar o uso de Manipulativos Digitais pelas crianças.

A primeira atividade foi realizada na escola EB de S. Mamede e pré-escolar, com uma turma de alunos do ensino básico, composta por 22 alunos, e uma turma de alunos do ensino pré-escolar, composta por 15 crianças. Nesta atividade participaram as respetivas professoras de cada turma, sendo que, a atividade foi dinamizada pelas alunas da Universidade do Minho, explorando a Interface Tangível desenvolvida nesta dissertação. No sentido de utilizar a Interface Tangível desenvolvida como uma ferramenta para o Professor/Educador a poder explorar para a realização de atividades de ensino-aprendizagem, as Professoras escolheram o tema “Natal na Índia”. A partir daqui, as alunas dinamizaram a atividade em que, primeiramente, as crianças tiveram a oportunidade de experimentar a Interface Tangível, a partir de um computador, onde eram mostrados os conteúdos dos blocos físicos. Depois de experimentarem e de se familiarizarem com as entidades disponíveis na Interface Tangível, as turmas foram divididas em grupos, sendo que cada grupo escreveu uma composição em conjunto sobre o tema.

A segunda atividade teve lugar no Instituto de Educação da Universidade do Minho, onde duas turmas de cerca de 20 alunos do ensino pré-escolar tiveram a oportunidade de experimentar a interface desenvolvida.

Capítulo 4

Desenvolvimento do Sistema

Neste capítulo é feita uma descrição do sistema de leitura das peças/blocos físicos desenvolvido. Primeiramente, são descritas as várias fases de desenvolvimento que envolveram a construção do protótipo. Seguidamente, é feita uma descrição técnica do sistema com base no desenvolvimento de peças/blocos físicos. Finalmente, é feita uma análise da contição de cada peça/bloco físico.

4.1 Desenvolvimento de um Protótipo

De maneira a perceber a viabilidade da criação de uma Interface Tangível para manipulação de conteúdos digitais, foi desenvolvido um protótipo de um sistema de leitura de peças, que consistiu, essencialmente, em três fases distintas de desenvolvimento:

- **Fase 1:** Desenvolvimento e teste do sistema em *breadboard*, de maneira a validar o seu funcionamento para, posteriormente, avançar com o conceito de peças no funcionamento do sistema;
- **Fase 2:** Desenvolvimento dos circuitos em placas *veroboard* para cada peça, sendo o principal objetivo desta fase a realização de testes com as peças propriamente ditas, testando o conceito de peças desenvolvido;
- **Fase 3:** Desenvolvimento de placas PCB e dos invólucros finais para os circuitos de cada peça, com o objetivo de serem efetuados estudos com crianças, por forma a aferir de que forma esta Interface Tangível pode motivar as crianças para a criação de histórias potencialmente contribuindo para o desenvolvimento de competências narrativas. Estes invólucros foram feitos em madeira, pois é um material robusto e que apresenta menores riscos para o seu uso com crianças.
- **Fase 4:** Realização de estudos com crianças com a Interface Tangível desenvolvida, por forma a averiguar se esta Interface poderá ter algum impacto ao ser utilizada especialmente por crianças do ensino pré-escolar e 1º ciclo.

A validação dos resultados obtidos em cada fase será descrita no capítulo de testes e resultados.

4.2 Funcionamento do Sistema

O sistema desenvolvido forma uma espécie de jogo que associa objetos físicos a conteúdos digitais. Esta abordagem junta o conceito de entidades *Mobeybou* a objetos físicos, ou seja, a cada objeto físico é associada uma entidade, sendo que, a manipulação dos conteúdos digitais é feita através da manipulação dos objetos físicos.

Do ponto de vista do utilizador, os blocos físicos não são nada mais que cubos com vários padrões de comunicação, que podem ser ligados entre si a um bloco principal, o *Master*, por forma a serem mostrados conteúdos digitais num ecrã. A estes blocos físicos estão associados os vários tipos de entidades descritos anteriormente, que se encontram identificados com autocolantes com as figuras do conteúdo digital a que se referem, desempenhando a função de *Slave* num sistema *FC* implementado.

Tendo como ponto de partida o conceito de entidades *Mobeybou* anteriormente criado com o *TOK* [6], cada bloco físico possui um número de identificação único (ID), que pode codificar uma de cinco possíveis entidades distintas de elementos de caracterização da narrativa: Cenários, Elementos da Natureza, Objetos, Animais e Personagens (Protagonistas e Antagonistas).

O funcionamento do jogo desenvolvido apresenta-se, de uma forma sucinta, na Figura 4.1.



Figura 4.1. Conceito do Sistema de Leitura de Peças.

O funcionamento do jogo requer um dispositivo chave, o *Master*, onde vão ser conectados os blocos físicos que representam as diferentes entidades de caráter multicultural. Este dispositivo comunica a informação que recebe das peças conectadas à aplicação gráfica, onde vão ser mostrados os conteúdos digitais.

A conexão das peças ao *Master* cria um “comboio” de ligação de IDs, sendo que podem ser adicionados e removidos blocos (*Slaves*), o que permite a criação de vários padrões de conexão de peças.

Cada bloco físico possui um padrão de conexão consoante a sua entidade. Por exemplo, a uma entidade do tipo Protagonista pode ser associada uma entidade do tipo Objeto. Desta forma, um bloco com uma entidade do tipo Protagonista possui três conectores, um bloco com entidade do tipo Objeto possui apenas um conector pois apenas pode ser associado a uma entidade do tipo Protagonista.

Na Figura 4.2, são mostrados os vários padrões de conexão dos diferentes tipos de peças.



Figura 4.2. Padrões de conexão dos vários tipos de entidades.

Na Figura 4.3, é mostrado o modo como são conectados os blocos físicos ao *Master*. O número de conexões em cada bloco depende da sua entidade. Excluindo os blocos do tipo Objeto e Elementos da Natureza, cada um dos outros blocos possui pelo menos dois conectores, sendo que um deles possibilita que o bloco se conecte à ligação e o segundo dá continuidade ao “comboio” de ligações, sendo deste modo possível que um outro bloco se conecte ao “comboio”.



Figura 4.3. Método de conexão dos vários tipos de entidades.

As possibilidades de conexão de cada bloco entidade são:

- **Cenários** – podem ser conectados a blocos do tipo Protagonista, Antagonista, Elementos da Natureza e Animal;
- **Elementos da Natureza** - apenas podem ser conectados a blocos do tipo Cenário.
- **Antagonistas** - podem ser conectados a blocos do tipo Protagonista, Animal e Cenário;
- **Protagonistas** - podem ser conectados a blocos do tipo Antagonista, Cenário, Animal e Objeto;
- **Objeto** – apenas podem ser associados a blocos do tipo Protagonista.
- **Animal** - podem ser conectados a blocos do tipo Protagonista, Antagonista e Cenário;

Apenas pode ser conectado um Cenário de cada vez, sendo que, as peças com entidade do tipo Elementos da Natureza são conectadas através da peça tipo Cenário conectada. As peças do tipo Objeto apenas podem ser conectadas aos Protagonistas.

O sistema é iniciado a partir da aplicação gráfica, partindo do pressuposto que o *Master* se encontra corretamente conectado via *Bluetooth* ao dispositivo onde se encontra instalada a aplicação gráfica. Inicialmente é mostrada uma imagem branca de fundo pois não se encontram peças conectadas. A partir daqui, à medida que os utilizadores vão conectando os blocos físicos ao *Master*, as imagens das respetivas entidades aparecem na aplicação gráfica. A Figura 4.4 e Figura 4.5 mostram imagens capturadas do *display* da aplicação gráfica durante uma utilização do jogo, onde se podem ver, no canto superior direito, os blocos físicos que se encontram conectados.

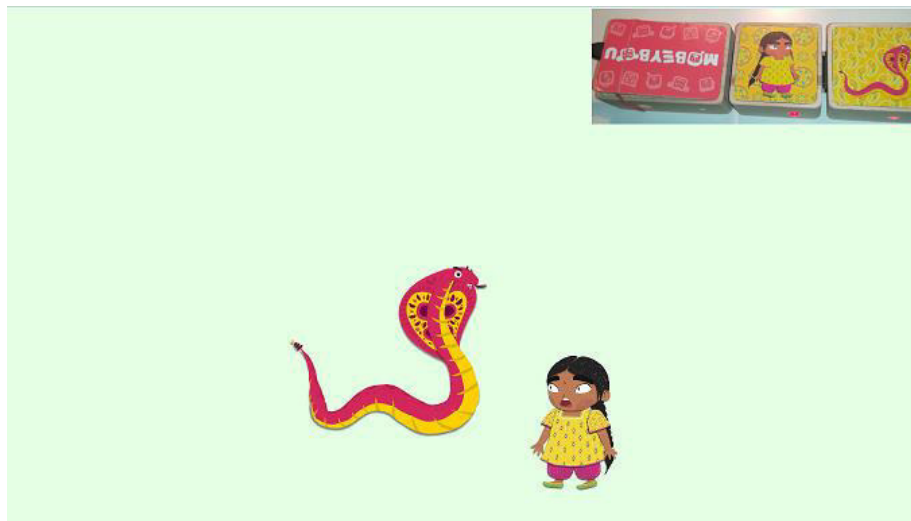


Figura 4.4. Conteúdos digitais dos blocos físicos (Protagonista e Antagonista).



Figura 4.5. Conteúdos digitais dos blocos físicos (Protagonista com Objeto e Antagonista).

4.2.1 Topologia Master/Slave – I²C

Na implementação do sistema de leitura de peças, optou-se por uma abordagem que utiliza uma topologia *Master-Slave*. O uso desta abordagem permite a implementação de um sistema de leitura de peças inovador, diferente do sistema anteriormente desenvolvido, o *TOK*, que usava uma plataforma com espaços fixos para a colocação das peças, lidas a partir de sensores capacitivos, que representam as entidades das narrativas.

Na interligação de vários microcontroladores existem vários tipos de barramento de dados que podem ser usados, destacando as três mais usadas: comunicação série, *I²C* e *SPI*. As vantagens dos protocolos *I²C* e *SPI* em relação à comunicação série é facto de serem comunicações síncronas, isto é, um dos sinais envolvidos na comunicação é um sinal de relógio, o que permite atingir maiores *baudrates*, traduzindo-se numa comunicação mais rápida.

Este tipo de comunicação utiliza uma topologia do tipo *Master-Slave*, onde um dos dispositivos da comunicação exerce o papel de *Master* que, ao gerar o sinal de relógio necessário à comunicação síncrona, comanda a troca de dados entre outros *Slaves* (diferentes dispositivos).

Para esta dissertação foi escolhido o protocolo *I²C*. Este tipo de comunicação é mais adequado para esta abordagem de blocos/peças, essencialmente por permitir o uso do modo *multi-master* e, embora não seja tão rápida como a comunicação *SPI*, que é uma comunicação *full-duplex*, ao contrário da comunicação *I²C*, que é *half-duplex*, por ser possível a sua implementação com apenas dois fios (sinal de dados e sinal de relógio).

Os endereços da comunicação *I²C* são de 7 bits, o que permite, em teoria, um endereçamento de 128 endereços diferentes, ou seja, com este sistema é possível endereçar 128 blocos físicos. À medida que são desenvolvidos novos conteúdos de entidades serão atribuídos novos endereços, traduzidos em uma das 5 entidades descritas.

Na Tabela 4.1, constam os blocos físicos criados para o tema da Índia e respetivas entidades, com os seus respetivos ID a que são associados por parte da aplicação gráfica. Para além do bloco do *Master*, foram criados 11 blocos físicos, cada um correspondente a um diferente ID.

Tabela 4.1. Endereços dos blocos físicos com conteúdos digitais

Nome	Entidade	ID
Jutti	Objeto	0x14
Rajesh	Protagonista	0x22

Índia	Cenário	0x23
Pungi	Objeto	0x25
Chuva	Elemento da Natureza	0x26
Hati	Animal	0x29
Meera	Protagonista	0x2A
Vento	Elemento da Natureza	0x2C
Nagi	Antagonista	0x2D
Noite	Elemento da Natureza	0x2E
Neve	Elemento da Natureza	0x2F

4.2.2 Comunicação com a aplicação gráfica

A aplicação gráfica foi desenvolvida pela equipa de informática e a equipa de ilustração do *Mobeybou*, sendo que os conteúdos gráficos desenvolvidos promovem a multiculturalidade. Como já referido, a aplicação gráfica segue um modelo de árvores de comportamento, produzindo efeitos únicos em cada entidade[6].

O *software* utilizado no desenvolvimento da aplicação gráfica foi o *Unity*. Este *software* possui uma plataforma de desenvolvimento em tempo real de gráficos 2D e 3D. É bastante utilizado para a criação de jogos e outro tipo de aplicações gráficas.

A associação do código das peças ao seu conteúdo digital é feita por parte da aplicação gráfica. Para isso, o *Master* comunica a informação dos códigos das peças conectadas à aplicação gráfica e, a partir de uma pequena base de dados com os possíveis IDs que podem ser associados a entidades, é mostrada a animação gráfica correspondente.

O método usado para a comunicação entre a aplicação gráfica e o *Master* recorre a uma comunicação *Bluetooth*.

A comunicação *Bluetooth* suporta múltiplas opções de topologia para melhor atender a possíveis necessidades exclusivas de conectividade sem fios, sendo uma tecnologia que se encontra publicamente disponível.

Posto isto, foi necessária a criação de uma trama de dados para a comunicação *Bluetooth*. Depois de iniciada a comunicação, o dispositivo do *Master* envia uma mensagem de início de envio. A trama de dados tem a seguinte estrutura presente na Figura 4.6.

Início	Nº peças	ID-1	ID-2	...	ID-N	Fim
--------	----------	------	------	-----	------	-----

Figura 4.6. Trama de dados para a comunicação *Bluetooth*.

É enviada, primeiramente, uma mensagem de início de comunicação, seguida de uma mensagem com o número de peças conectadas. Depois são enviados os códigos das peças conectadas, seguidos de uma mensagem de fim de comunicação. A mensagem de início corresponde ao número 254 e a mensagem de fim ao número 255.

Este protocolo de comunicação sobre informação das peças à Interface Gráfica teve como ponto de partida a aplicação já existente do sistema anteriormente desenvolvido, o *TOK*. Desta forma, a estrutura da trama da mensagem recebida com a informação dos ID conectados foi desenvolvida de forma a ser adaptada a aplicação gráfica já existente, com o novo sistema de leitura.

4.2.3 Mecanismo de leitura

Um dos requisitos do sistema de deteção de peças é que este possibilite, da melhor forma possível, promover a criatividade e espontaneidade das crianças ao contar as suas histórias.

Assim sendo, este novo sistema de leitura não requer o uso de uma plataforma física com espaços dedicados para a colocação das peças. A partir do uso duma topologia do tipo *Master-Slave*, mais concretamente a comunicação *1C*, é possível a conexão de um maior número de peças ao mesmo tempo.

Por outro lado, esta abordagem cria um outro tipo de limitação, que é o facto de ser criado uma espécie de “comboio” de peças devido ao barramento *1C*, sendo que, para remover uma certa peça da história que esteja a meio do “comboio”, também terão de ser removidas as peças que foram colocadas depois dessa. Por forma a combater esta limitação, para além dos vários padrões de possíveis conexões criados, recorreu-se, também, a uma topologia do tipo *multi-master*, sendo possível associar as entidades do tipo Objeto a entidades do tipo Personagem.

A utilização deste sistema requer que as crianças utilizadoras façam uma maior pré-estruturação das suas histórias, o que também pode contribuir para um maior desenvolvimento de competências cognitivas e de criação de narrativas.

O *Master* é constituído pela placa de desenvolvimento *ESP32-WROOM-32D* da *Espressif Systems*, um dispositivo que permite a implementação de vários protocolos de redes sem fios [31], o que é uma mais valia para a comunicação da informação das peças com a aplicação gráfica, feita em *Bluetooth*. Uma vez que o sistema de leitura depende de um monitor para mostrar os conteúdos digitais das

peças, este estará, durante a sua utilização, a uma distância relativamente pequena do PC/ *tablet* onde será instalada a aplicação gráfica. Desta forma, optou-se pela implementação de uma comunicação *Bluetooth*, que possibilita a conexão sem fios em distâncias relativamente pequenas e não consome tanta energia como uma rede *wi-fi*, mais focada em conexões de grandes distâncias.

As peças/blocos físicos com o ID das diferentes entidades dizem respeito aos *Slaves*. Cada *Slave* é constituído pelo microcontrolador *PIC16f15313* da *Microchip*, apresentado na Figura 4.7. Este tipo de microcontrolador foi escolhido pelo seu baixo consumo de energia e por permitir a implementação de várias topologias de comunicação, mais concretamente a comunicação, com o uso do barramento *I²C*. Apresenta 8 pinos, sendo possível manipular 6 registos distintos, entre entradas analógicas e digitais.

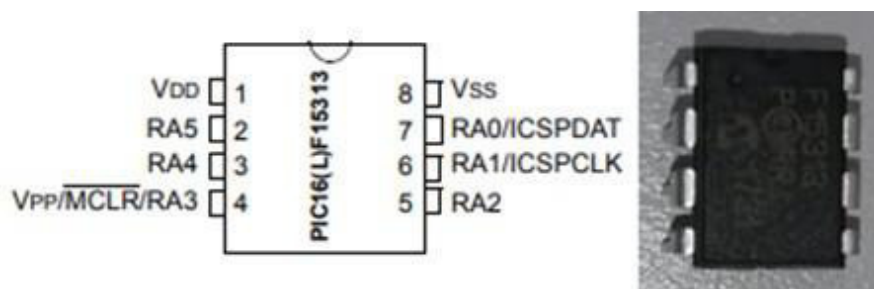


Figura 4.7. *Pic16f15313* [32].

O correto funcionamento do protocolo *I²C* requer a definição de uma linha de sinal de dados (*SDA*) e uma linha de sinal de relógio (*CLK*). Partindo do *Master*, estas duas linhas de sinal terão de percorrer todas as peças (*Slaves*) conectadas, de maneira a permitir a troca de dados, que é controlada pelo sinal de relógio *CLK*. Desta forma, a constituição de uma peça teve em conta, não só as duas linhas de sinal provenientes da comunicação *I²C*, mas também uma linha de sinal de *VCC* e mais outra linha *GND*, provenientes do *Master*, que é alimentado por uma bateria, por forma a alimentar o circuito que constitui uma peça. Assim sendo, a peça com a informação das entidades será um dispositivo passivo, ou seja, requer alimentação externa.

Na Figura 4.8, encontra-se descrito, em forma de fluxograma, o algoritmo utilizado no dispositivo do *Master*, que é um elemento crucial para o correto funcionamento do sistema de leitura de peças. O papel do *Master* é fazer uma constante análise ao barramento *I²C*, verificando se existem peças conectadas e guardando os códigos das peças numa *stack* de dados. Caso o código encontrado seja de uma entidade do tipo Personagem, é feito um pedido de envio de 1 *Byte* ao *address* do ID da Personagem encontrada. Caso um Objeto tenha sido conectado a essa Personagem, o *Byte* recebido será o ID do Objeto conectado. Posteriormente, os códigos das peças são enviados para a aplicação gráfica, a partir da *stack* de dados, que é esvaziada após este procedimento, iniciando um novo ciclo. No preenchimento da *stack* de dados do ID das Personagens, é também enviado, de uma forma

consecutiva, o ID do respetivo Objeto, se conectado. Isto permite a associação, por parte da aplicação gráfica, de Personagens com Objetos. A função dos *slaves* é simplesmente responder com uma mensagem de *acknowledgment* à mensagem de verificação do *Master*, concluindo que a entidade respetiva ao endereço desse *slave* se encontra conectada.

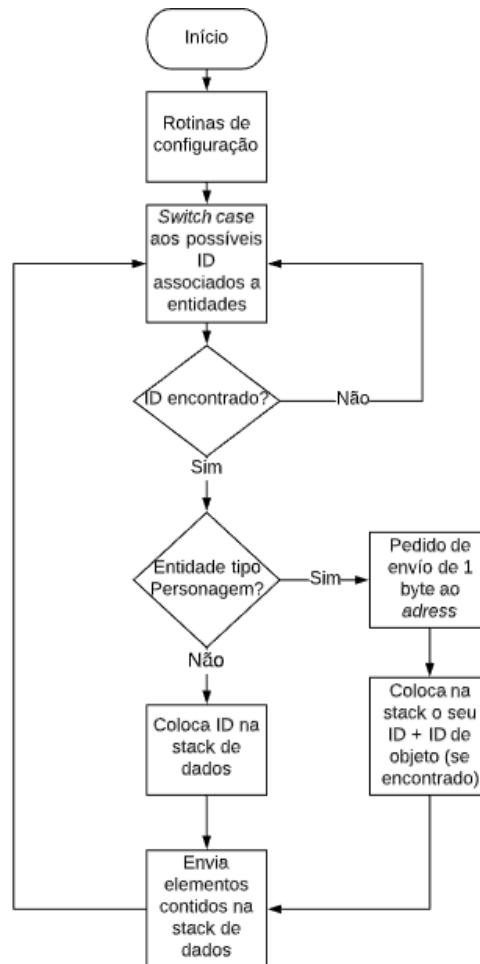


Figura 4.8. Fluxograma do programa contido no *Master*.

Modo *multi-master*

As peças do tipo Objeto são conectadas às peças do tipo Personagem, mais concretamente a Protagonistas, desencadeando determinados tipos de comportamentos perante as Personagens Antagonistas.

De modo a ser possível a associação de Protagonistas com Objetos, foi implementado o modo *multi-master*. Este modo permite que haja mais de um *Master* na comunicação. Quando uma peça do tipo Objeto é conectada, esta age como um *Master*, que verifica a peça do tipo Protagonista que se encontra no barramento *MC*, enviando o seu ID. O Protagonista, caso detete que se conectou um Objeto, ou seja, que o botão foi acionado, recebe a mensagem enviada com o ID no Objeto.

Posteriormente, o *Master* principal faz um pedido de envio de uma mensagem de 1 *byte*, sendo que, caso tenha sido conectado um Objeto é enviado o seu endereço.

Nesta abordagem, optou-se pela utilização de um botão de pressão embutido nas peças do tipo Personagem, com a funções de servir de identificador a cada conexão de um Objeto, que é acionado quando é conectada uma peça do tipo Objeto. O botão encontra-se conectado a um pino correspondente a uma entrada digital do microcontrolador, enviando um pulso contínuo enquanto o Objeto se encontra conectado. O botão, ao ser acionado, faz com que a peça do tipo Protagonista envie uma mensagem sobre o seu ID ao ID da peça do tipo Objeto conectada, sendo que esta última envia para o *Master* principal o seu ID e também o ID recebido da peça do tipo Protagonista. É importante que os códigos das peças do tipo Objeto e da Personagem associadas sejam enviados consecutivamente para a *stack* de dados, fazendo com que seja possível a sua associação por parte da aplicação gráfica.

4.3 Blocos Físicos/Peças

O sistema de leitura é baseado em blocos físicos, que representam entidades de narrativas, os blocos permitem manipular a informação digital a ser apresentada na Interface Gráfica.

O sistema de leitura é constituído por dois tipos de blocos físicos: o bloco principal denominado *Master*, que é fixo, e essencial a cada utilização; e as peças entidades das narrativas que são identificadas como *Slaves* por parte do sistema de leitura.

A função do *Master* é gerir o barramento *I²C*, verificando os endereços dos blocos conectados, comunicando-os à aplicação gráfica, que associa os endereços a uma entidade de narrativa. Cada bloco, incluindo *Master* e *Slaves*, possui conectores de 4 pinos com ímanes nos lados laterais que permitem a ocorrência de contacto. Os quatro sinais que passam nos pinos dos conectores são:

- **VCC**, sinal de alimentação proveniente do *Master*, que passa por todas as peças ligadas no barramento *I²C*, tipicamente de 3,3 *Volts*;
- **GND**, sinal de massa proveniente, também ele, do *Master*, presente em todo o barramento *I²C* das peças conectadas;
- **SDA**, linha de sinal de transferência de dados na comunicação *I²C* que passa por todas as peças ligadas no barramento;
- **CLK**, linha de sinal de relógio na comunicação *I²C*, que controla a ocorrência de transferência de dados.

Cada conector faz passar uma linha de cada um dos quatro registos por todo o circuito. Os conectores podem ser do tipo fêmea ou do tipo macho, possibilitando assim a conexão entre várias peças, como mostra a Figura 4.9.



Figura 4.9. Conector tipo fêmea usado para a comunicação entre peças.

O bloco *Master* está representado na Figura 4.10. Este bloco forma um dispositivo ativo, que pode ser alimentado por uma bateria ou através de uma ligação *USB* a um computador/ *tablet*. A partir dele, é criado um “comboio” de ligações de peças, que podem ser misturadas e remisturadas, criando vários padrões de histórias diferentes. Este bloco é constituído pela placa de desenvolvimento *ESP32D-WROOM* da *Espressif Systems*, a partir do qual é implementada uma comunicação *Bluetooth* para comunicação com a Interface Gráfica. Este dispositivo tem nas suas dimensões 7,5 *cm* de comprimento, 4,5 *cm* de largura e 2,7 *cm* de altura.



Figura 4.10. *Master*.

A Figura 4.11 apresenta o esquema elétrico do dispositivo do *Master*. A placa de desenvolvimento *ESP32D-WROOM*, pode ser alimentada por uma bateria de 3,7 *V*, com auxílio a um *switch*, ou através de um computador. A partir desta, são feitas as ligações necessárias à comunicação *IC* para um conector, onde vão ser ligadas outras peças.

Os blocos tipo *Slave* formam dispositivos passivos, sendo que são alimentados pela linha de sinal *VCC* proveniente do *Master*, presente em todos os blocos. Estes dispositivos são constituídos pelo microcontrolador *PIC16f15313* da *Microchip*. O invólucro dos blocos físicos é feito em madeira, onde são embutidos os microcontroladores correspondes a um ID e identificados por um autocolante na tampa com o desenho da entidade que representa. Cada bloco possui conectores nos seus lados onde podem ser conectadas outras entidades para criação de narrativas. As dimensões dos blocos físicos são de 5 *cm* em cada um dos seus lados e 2,7 *cm* de altura.

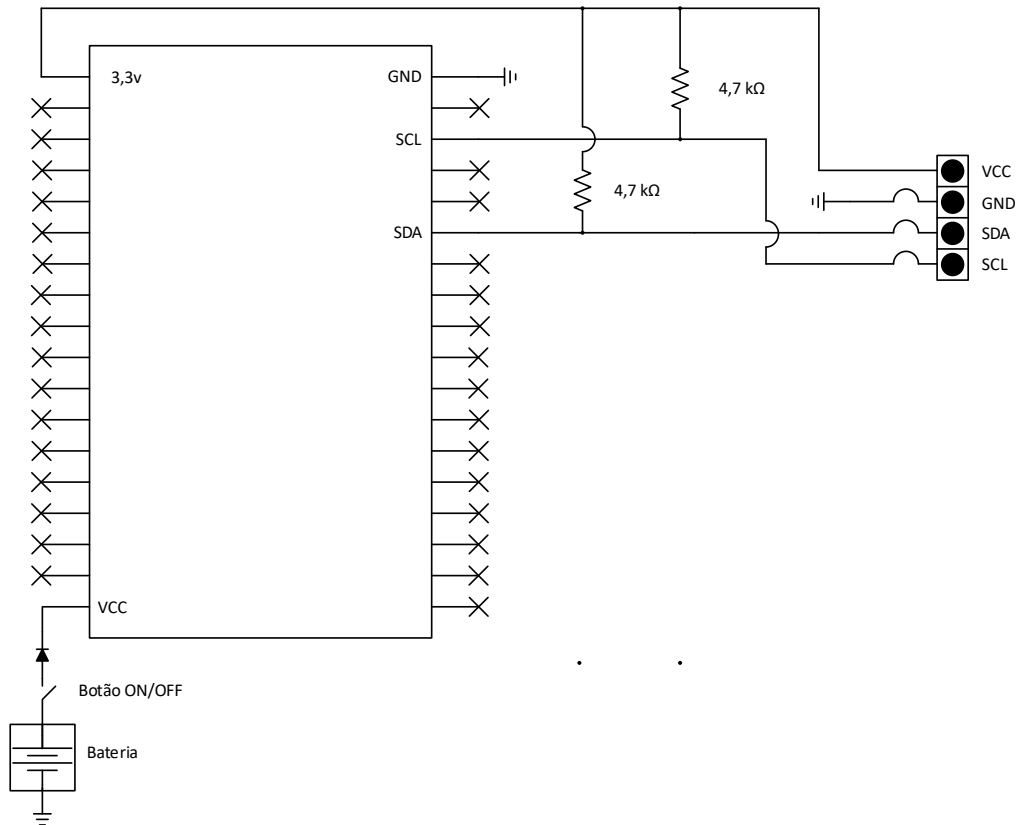


Figura 4.11. Esquema elétrico do bloco *Master*.

Existem três configurações possíveis entre os blocos do tipo *Slave*. Os blocos com entidades do tipo Protagonista possuem 1 conector em cada um de 3 dos seus lados. Um dos lados deste bloco, para além do conector possui um botão de pressão que possibilita a deteção de um bloco com entidade Objeto. Este botão de pressão desempenha a função de sensor, servindo para sinalizar a presença da conexão de um bloco do tipo Objeto. O bloco físico de um Protagonista está representado na Figura 4.12.



Figura 4.12. Bloco do tipo Protagonista.

Os blocos com entidades do tipo Cenário também possuem três conectores, tal como o bloco do tipo Protagonista, mas, diferentemente deste, o Cenário não possui um botão de pressão onde seriam

associados Elementos da Natureza, pois durante a utilização, apenas um Cenário estará conectado, não havendo a necessidade de um identificador.

A Figura 4.13 representa o esquema elétrico do circuito para o bloco do tipo Protagonista. De notar que, numa fase final do trabalho, foi desenvolvido este circuito, que serve de circuito standard para ser utilizado para cada bloco físico, em forma de PCB. A diferença com outros blocos físicos é o número de conectores e a presença ou não do botão de pressão.

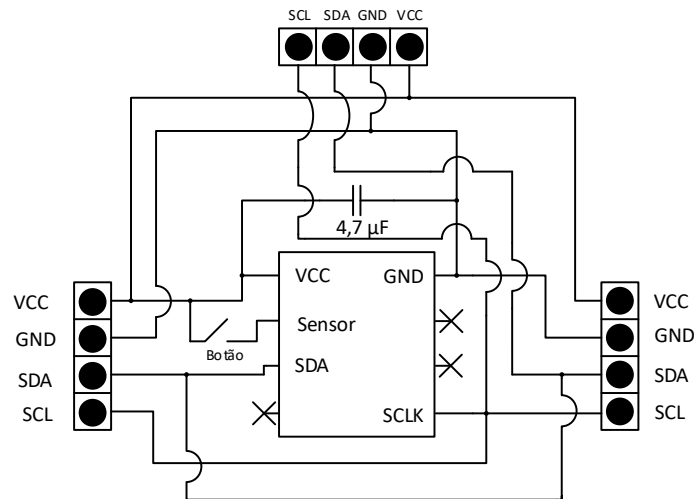


Figura 4.13. Esquema elétrico de um bloco do tipo *slave*.

Os blocos com entidade do tipo Objeto possuem, portanto, apenas um conector num dos seus lados, podendo apenas ser conectados a uma entidade do tipo Protagonista. A Figura 4.14 exemplifica o modo de conexão do Objeto com a peça do tipo Protagonista, sendo que esta conexão é feita num sentido diferente da linha de conexão das restantes peças.



Figura 4.14. Conexão de Objeto com Protagonista e um Antagonista.

O bloco do tipo Objeto, ao ser conectado, exerce pressão no botão, que por sua vez envia um pulso para a peça do tipo Protagonista indicando que foi conectado um Objeto. Desta forma, os dois códigos são enviados para o *Master*. Para o utilizador esta indicação é também dada por um LED que está no interior de cada bloco de madeira, assim quando um bloco é ligado o LED acende emitindo luz.

Também os blocos com entidade do tipo Elemento da Natureza possuem apenas um conector, que, de uma forma análoga ao modo de conexão dos Objetos com os Protagonistas, estes apenas podem ser associados a Cenários.

Os blocos com entidades do tipo Antagonista e Animal possuem 1 conector em cada um de 2 dos seus lados, seguindo o sentido normal da linha de conexão dos blocos físicos.

Desenvolvimento de PCB

Uma vez desenvolvidos os conteúdos gráficos de carácter multicultural e depois de ser associado um respetivo ID, torna-se necessária a criação de dispositivos standard para as peças, de maneira a tornar mais fácil a sua criação. Este método foi pensado para a eventualidade deste sistema se licenciar como um produto para uso com crianças, sendo que desta forma, a criação de novas peças apenas depende das ideias dos investigadores que criam novos conteúdos culturais.

Para isso, foi desenvolvido o layout de uma placa PCB para as peças, como consta na Figura 4.15. Este layout foi desenvolvido com o *software PADS*, da *Mentor Graphics*.

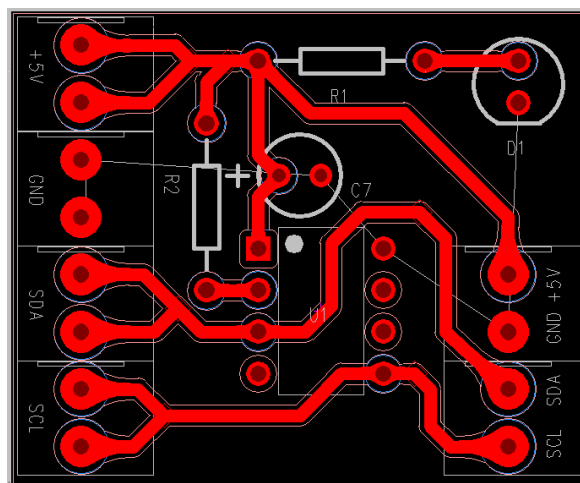


Figura 4.15. *Layout* da PCB dos *Slaves*.

O circuito impresso desenvolvido é de dupla face, tendo sido elaborado um plano de massa em cada uma das suas faces. Desta forma todos os pontos de massa da placa ficam ao mesmo potencial, reduzindo possíveis sinais de ruído. Na Figura 4.16 encontra-se o resultado da PCB produzida para os blocos físicos.

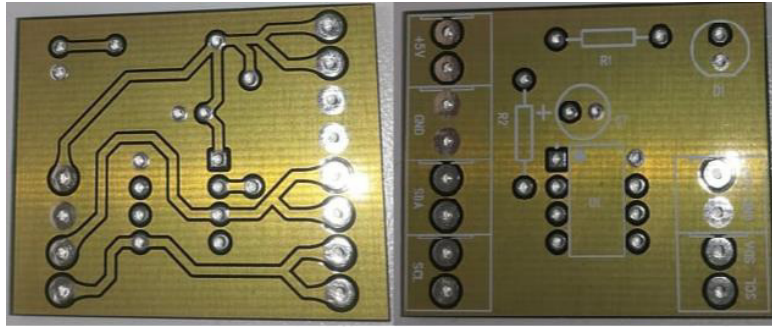


Figura 4.16. Resultado da PCB produzida para os *slaves*.

No seu desenvolvimento, foi tido em conta o menor tamanho possível para o circuito, de maneira a ser integrado em invólucros para impedir o contacto direto com o utilizador, mais concretamente com crianças. As dimensões da PCB são 2,87/3,5 *cm*. Neste circuito podem ser endereçadas para o microcontrolador U1 qualquer uma das cinco entidades. A diferença entre elas é o número de conectores que vão ser ligados, bem como a integração ou a não integração do botão de pressão, em R2, para as entidades do tipo Objeto. Como já referido, o número máximo de conectores numa peça é de 3, tratando-se de uma peça com entidade do tipo Personagem, mais concretamente Protagonista, sendo, também, o único caso onde é integrado o botão de pressão. No caso das entidades do tipo Objeto e do tipo Elementos da Natureza, existe apenas um conector, pois, relativamente à entidade do tipo Objeto, este apenas pode ser associado a uma Personagem Protagonista, e para a entidade do tipo Elementos da Natureza, apenas pode ser associada a um Cenário. A entidade do tipo Personagem Antagonista, tal como a entidade do tipo Animal apenas possui a possibilidade de conexão de dois conectores, pelo que não pode ser associada a objetos.

A Figura 4.17 apresenta um cenário de aplicação do sistema de leitura, conectado a um computador através de uma comunicação *Bluetooth*, onde está instalada a aplicação gráfica que mostra os conteúdos digitais despoletados pelos blocos físicos. Desta forma existe a possibilidade de conectar este sistema a computadores, *tablets*, entre outros dispositivos que permitam a utilização de comunicação *Bluetooth* e que possibilitem mostrar conteúdos digitais num ecrã.

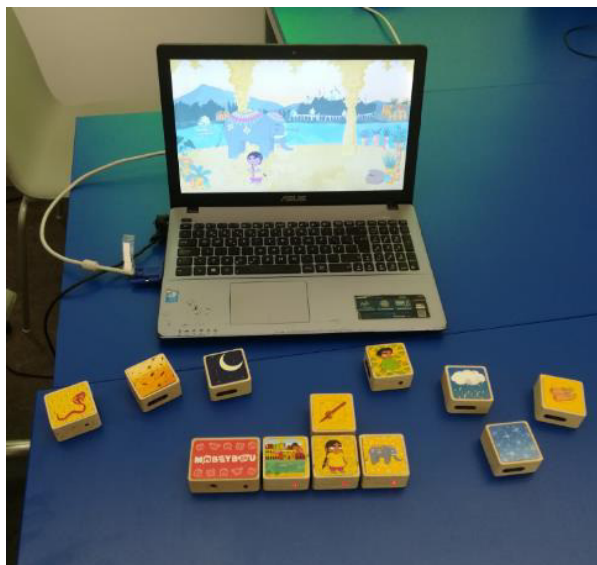


Figura 4.17. Cenário de aplicação.

Este dispositivo tem como principal objetivo ser usado por crianças do ensino escolar e pré-escolar, por forma a promover a criação de histórias de uma forma colaborativa.

Capítulo 5

Testes e resultados obtidos

Ao longo deste capítulo serão descritos os resultados obtidos com o teste do protótipo desenvolvido nas várias fases de desenvolvimento: desenvolvimento e teste do sistema em *breadboard*; desenvolvimento e teste do sistema em *veroboard*; desenvolvimento de PCB; estudo com crianças.

5.1 Testes em Ambiente Laboratorial

Serão mostrados alguns resultados das 3 primeiras fases de desenvolvimento em ambiente laboratorial, resultados estes que permitiram validar o correto funcionamento do sistema e avançar para os testes em ambiente real, onde foi realizado um estudo exploratório com crianças.

5.1.1 Fase 1

Para validar a comunicação *I²C*, foram medidos, a partir de um osciloscópio, os portos de *SDA* (a azul) e *CLK* (a vermelho).

A partir da análise da Figura 5.1, é possível identificar o correto funcionamento da comunicação *I²C*. O *Master* faz uma transmissão ao *slave* com o *address* de *0x22*, em que este confirma a sua presença com um *acknowledge*. Na imagem é possível ver o sinal do porto *SDA* de envio de dados com a cor azul e o sinal do porto *CLK* de sinal do relógio, que controla a comunicação *I²C*, a cor vermelha. O protocolo *I²C* inicia a comunicação com o valor de *SDA* a cair primeiro que o valor de *CLK*, seguindo os 7 bits do *address* pretendido (*0x22 – 0100010b*), seguido de um bit de *Read/Write* (neste caso é 0 pois o *Master* está a transmitir), seguido do bit de *acknowledge*, que tem o valor 0, indicando que não ocorreram erros. A mudança do sinal de dados ocorre quando o sinal de relógio vai a *low*, transmitindo os dados quando o sinal de relógio vai para o valor *high*. O *Master* analisa o *bit* de *acknowledge*, aferindo-se, desta forma, que o bloco físico em questão foi corretamente conectado. Uma vez confirmado o valor de *acknowledge*, o endereço pode ser enviado para a *stack* de IDs a serem posteriormente comunicados para a aplicação gráfica.

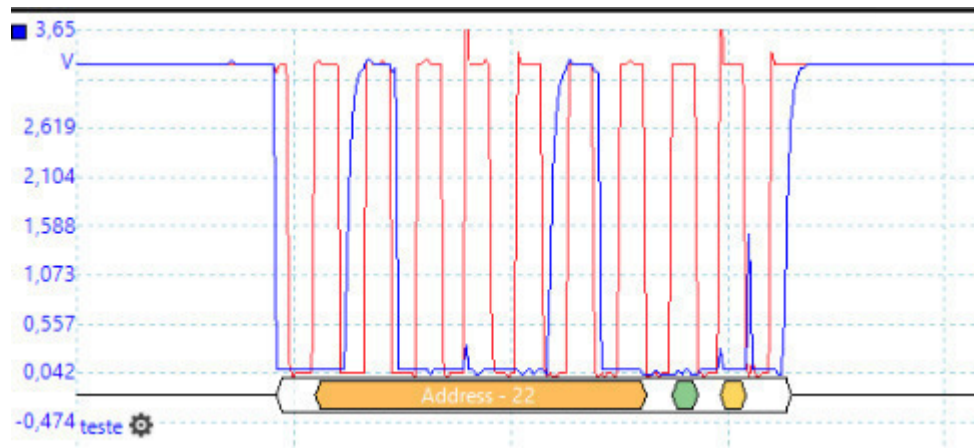


Figura 5.1. Transmissão ao adress $0x22$.

O mesmo método foi usado para analisar a comunicação com os outros blocos físicos, mostrando um outro exemplo na Figura 5.2. Neste caso, é conectado o bloco com o *address 0x2A*, correspondendo ao valor binário de *0101010b*, como se pode verificar pela análise da imagem.

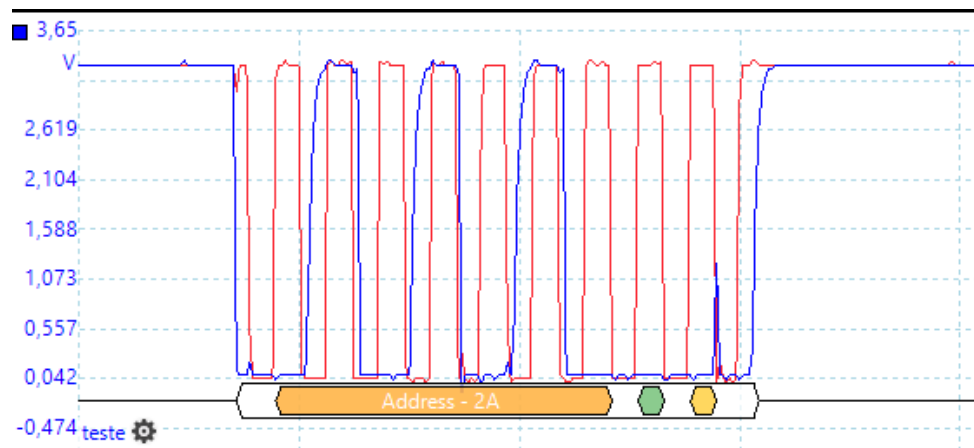


Figura 5.2. Transmissão ao adress $0x2A$.

Depois de testada a comunicação *PC* e depois de implementada a trama de dados para a comunicação com a aplicação gráfica, foi necessário validar a comunicação *Bluetooth*. Para o funcionamento da comunicação *Bluetooth*, é necessário emparelhar o dispositivo *Master* com o computador. Depois de emparelhado, iniciou-se a aplicação gráfica, conectada a partir da porta *COM Bluetooth* ativa, verificando-se os endereços que estavam a ser lidos no terminal da aplicação gráfica.

Na Figura 5.3, representa-se o terminal do lado da aplicação gráfica, onde são mostrados: a porta *COM* onde se encontra conectado o *Master*, a velocidade da comunicação (*baud rate*); os endereços dos blocos físicos conectados; o número de blocos conectados. A partir do botão de “*Open*”, a comunicação é corretamente aberta na porta “*COM4*”, associada à porta de comunicação *Bluetooth*. Feito o *update* à escuta da comunicação, nota-se que o valor “*Size*” é de 0, não sendo mostrado nenhum endereço, o que indica que não se encontram blocos conectados.



Figura 5.3. Terminal da comunicação *Bluetooth* com 0 blocos conectados.

Na Figura 5.4 é possível observar, a partir da análise da captura de imagem do terminal, que se encontram conectados 8 blocos físicos, mostrando os seus endereços

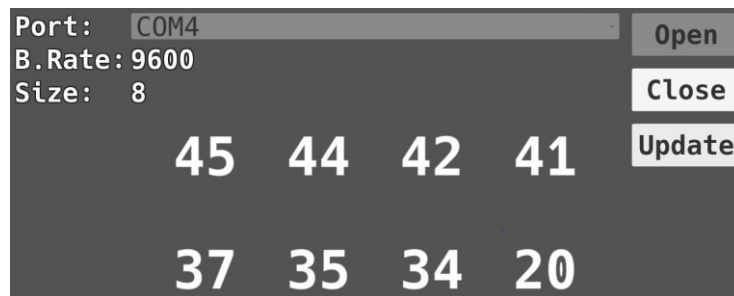


Figura 5.4. Terminal da comunicação *Bluetooth* com 8 blocos conectados.

Os endereços são apresentados de forma decimal. Para esta dissertação foi criado o *kit* de blocos físicos com o tema da Índia com um total de 11 blocos, em que 4 destes blocos são de entidade tipo Elementos da Natureza (vento, chuva, neve, noite). Como apenas pode estar conectado um bloco deste tipo, restam 8 blocos, que podem estar conectados ao mesmo tempo. Na Tabela 5.1. Endereços dos blocos físicos com conteúdos digitais encontra-se a associação dos endereços lidos neste teste com os seus endereços em forma hexadecimal e as suas respetivas entidades.

Tabela 5.1. Endereços dos blocos físicos com conteúdos digitais

Valor Decimal	Valor Hexadecimal	Entidade	Tipo de Entidade
45	0x2D	Nagi	Antagonista
44	0x2C	Vento	Elem. da Natureza
42	0x2A	Meera	Protagonista
41	0x29	Hati	Animal
37	0x25	Pungi	Objeto
35	0x23	Índia	Cenário
34	0x22	Rajesh	Protagonista
20	0x14	Jutti	Objeto

Consequentemente, na Figura 5.5 encontra-se uma captura de ecrã, mostrando os conteúdos dos blocos físicos comunicados na aplicação gráfica, onde são possíveis distinguir as 8 entidades distintas lidas no terminal. De notar que: um dos Objetos é o Jutti, “sapatos voadores”, associados ao Rajesh (Protagonista masculino); o Cenário da Índia é representado pela imagem de fundo; o vento identifica-se pelas folhas a voar na imagem, que se encontram em constante movimento. Dado tratar-se de uma captura de ecrã, não é possível visualizar aqui as respetivas animações.



Figura 5.5. Captura de ecrã de 8 blocos conectados ao mesmo tempo.

Neste ponto, os Objetos foram colocados de uma forma aleatória, não sendo associados de uma forma específica a um Protagonista. Essa possibilidade viria a ser implementada na fase 2, com a implementação do botão de pressão nos blocos do tipo Protagonista, servindo de sensor de indicação que um bloco foi conectado.

Desta forma, foi validado o primeiro protótipo, o que permitiu avançar para a construção de blocos físicos, embutidas em estruturas em forma de cubo, de maneira a serem manipuladas pelo utilizador.

5.1.2 Fase 2

Foram desenvolvidos os circuitos de cada peça em placas *veroboard*. Às placas desenvolvidas foram aplicados vários conectores, por forma a possibilitar os diferentes padrões de conexões de entidades. Na Figura 5.6 mostra-se o aspeto dos blocos físicos criados com as placas *veroboard*. Foram desenvolvidos invólucros de plástico, feitos em impressora 3D, com as dimensões de 5 *cm* de comprimento, 5 *cm* de largura e 2,5 *cm* de altura para os blocos do tipo *slave*, e as dimensões de 7,5 *cm* de comprimento, 5 *cm* de largura e 2,5 *cm* de altura para o bloco do tipo *Master*. Cada bloco do

tipo *Slave* forma, portanto, um dispositivo passivo, pois requer alimentação externa, proveniente das linhas de alimentação que se fazem passar por todas as peças conectadas, a partir do *Master*.



Figura 5.6. Blocos físicos em protótipo *veroboard*.

O teste ao botão apenas foi possível durante esta fase precisamente por se usar o conceito de blocos físicos, através das placas *veroboard* e das estruturas que as envolviam. A peça do tipo Objeto, ao ser encostada / conectada a uma Personagem faz ativar o botão de pressão, enviando um pulso que serve de identificador de conexão de um Objeto. Na Figura 5.7, é possível observar o aspeto de um bloco do tipo Protagonista, onde conta o botão de pressão.



Figura 5.7. Bloco tipo Protagonista em protótipo *veroboard*.

O teste ao correto funcionamento do botão foi realizado de uma forma empírica. Depois de implementado o botão, verificou-se que este se associava sempre à Personagem pretendida, não sendo feita de uma forma aleatória, como implementado anteriormente.

Para a ocorrência da associação da entidade do tipo Protagonista com a entidade do tipo Objeto, o *Master*, depois de ter verificado que um Protagonista foi corretamente conectado, faz um pedido de envio de 1 *byte* ao *slave* do tipo Protagonista em questão. Este, caso um Objeto tenha sido conectado, responde com o endereço do bloco Objeto. De notar que o *bit* de *R/W* tem o valor 1 (*read*) pois o *Master* está a pedir o envio de informação por parte do *slave*.

O funcionamento do sistema com este protótipo feito em *veroboards* encontra-se demonstrado na Figura 5.8.



Figura 5.8. Funcionamento do sistema com o protótipo *veroboard* de teste.

5.1.3 Fase 3

O aspeto do interior de um bloco físico pode ser visto na Figura 5.9, onde é embutida a placa PCB desenvolvida. Para o bloco físico constituir uma entidade, basta conectar o circuito integrado respetivo ao *PIC16F15313*, com um endereço associado.

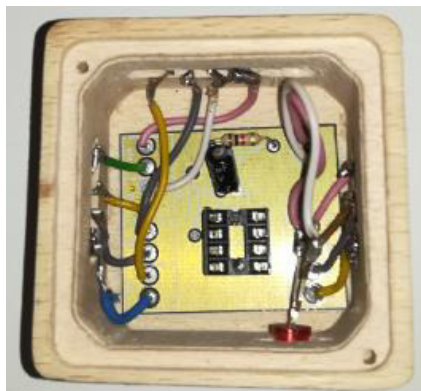


Figura 5.9. Interior de um bloco físico em protótipo final

Para além das placas PCB, foram, também, desenvolvidos invólucros em madeira para os circuitos de cada bloco físico. Estes invólucros foram desenvolvidos através da empresa *Itzwood*, uma empresa especializada na construção de estruturas de madeira. Foram desenvolvidas maquetes para a construção dos blocos físicos, consoante as suas entidades (ver Anexo I)

Para o teste do sistema com as placas PCB, foram seguidos os mesmo passos de testes realizados nas fases anteriores, verificando-se o seu correto funcionamento. Embora o mecanismo do uso do botão de pressão para a deteção da conexão de um Objeto a um Protagonista tenha sido corretamente validado, verificaram-se alguns problemas mecânicos. Os ímanes dos conectores não possuem força suficiente para exercer a pressão necessária para acionar o botão de pressão, não permitindo a

ocorrência do contacto entre os conectores, sendo necessário uma força extra proveniente do utilizador. Por este motivo, optou-se pela conexão aleatória dos Objetos, não sendo necessário o uso do botão de pressão, de modo a evitar problemas mecânicos na realização de estudos com crianças.

O protótipo final é constituído por 12 blocos, sendo um bloco o *Master* e os outros 11 blocos do tipo *slave*. Os blocos do tipo *slave* representam as diferentes entidades presentes na criação das narrativas. Dentro das entidades do tipo *slave*, estão endereçados: 1 Cenário, 2 Protagonistas, 1 Animal, 1 Antagonista, 2 Objetos e 4 Elementos da Natureza. O guia de funcionamento da Interface Tangível pode ser consultado no Anexo II.

Podem, portanto, ser criadas várias narrativas através da conexão dos diferentes blocos físicos. Existem diversos comportamentos associados às entidades. Por exemplo, nas entidades do tipo Elementos da Natureza, quando é conectada a entidade Neve, as Personagens e Animais envolvidos ficam com frio, ficando impossibilitados de se moverem. Quando a entidade Noite está presente, as Personagens e Animais conectados adormecem.

No caso das entidades do tipo Protagonista e Animal, estes ficam com medo dos Antagonistas até que seja conectado um Objeto que as possa ajudar.

Também os Objetos permitem diferentes efeitos, o Pungi, uma flauta indiana, ao ser tocado, protege todas as entidades (Animais e Protagonistas) conectadas e os Jutti, uns sapatos mágicos que permitem ao Protagonista associado voar, apenas protegem o Protagonista associado.

Estas pequenas interações, permitem a criação de vários padrões de histórias, sendo que, quanto mais entidades estiverem disponíveis para serem conectadas no sistema de leitura, mais únicas ficam as histórias a cada utilização.

5.2 Testes em Ambiente Real

Foram realizadas duas atividades experimentais.

A primeira atividade experimental foi realizada com duas turmas de diferentes níveis: uma do último ano do ensino pré-escolar e outra do 4º ano de escolaridade.

A segunda atividade experimental foi integrada num evento organizado por um conjunto de docentes de vários departamentos do Instituto de Educação da Universidade do Minho. Neste evento, houve a dinamização de atividades de natureza variada, nomeadamente, Educação Visual, Educação Musical, Educação Dramática, Literatura para a Infância e TIC, tendo por base temas de investigação do âmbito

dos Estudos das Crianças. Nesse contexto, o *Mobeybou* teve a oportunidade de proporcionar a experimentação de vários Manipulativos Digitais que tem vindo a desenvolver , com crianças do último ano do ensino pré-escolar que ali estiveram presentes.

Fase 4

A última fase do trabalho efetuado, como já referido, consistiu em atividades desenvolvidas com crianças. A partir da implementação destas atividades, e através da experimentação dos Manipulativos Digitais, foi possível obter algumas conclusões sobre a utilização da Interface Tangível desenvolvida. Seguidamente serão descritas as duas atividades realizadas.

5.2.1 Atividade 1

A turma do ensino básico foi dividida em quatro grupos (dois grupos de 5 e dois grupos de 6). Verificaram-se algumas dificuldades em trabalhar em conjunto por parte de 2 alunos, que decidiram escrever as suas histórias sozinhos. O entusiasmo para escrever as histórias levou os alunos a não quererem discutir as suas ideias pois queriam que a sua proposta para a escrita da história prevalecesse.

As crianças do pré-escolar foram divididas em dois grupos para a exploração da Interface Tangível. Enquanto um dos grupos experimentava a Interface Tangível, o outro grupo discutia ideias com os colegas e com o grupo de alunos da Universidade do Minho. As crianças foram ajudadas pela Educadora e pelas alunos da Licenciatura em Educação Básica na organização da composição, uma vez que ainda não aprenderam a escrever. Fizeram depois um registo das histórias em forma de desenho.

Depois de explicado às crianças o funcionamento da Interface Tangível, notou-se que as crianças do 1º ciclo do ensino básico não demoraram muito a entender as possibilidades de conexão e começaram a criar vários padrões de histórias. Já as crianças do ensino pré-escolar necessitaram de um adulto para a compreensão da Interface e os seus padrões de conexão. Também o facto de a turma do 1º ciclo do ensino básico já ter lidado com a Interface Tangível desenvolvida anteriormente pelo *Mobeybou*, o *TOK*, pode ter contribuído para a fácil compreensão do seu funcionamento. Na Figura 5.10 encontra-se uma imagem das crianças experimentarem o jogo.



Figura 5.10. Crianças a experimentar o sistema desenvolvido no estudo 1.

Comparativamente ao *TOK*, a abordagem proposta neste trabalho, exige uma maior pré-estruturação dos blocos a conectar, pelas várias possibilidades que apresenta. Cada uma das duas Interfaces Tangíveis possui os seus potenciais, sendo que na Interface desenvolvida nesta dissertação existe uma maior interação com os blocos físicos.

Depois de experimentarem as Interface Tangíveis apresentada, as crianças escreveram uma composição sobre o tema proposto, em grupo, explorando as entidades presentes nesta Interface Tangível (ver Anexo III e Anexo IV). As crianças mostraram-se muito entusiasmadas nesta atividade de escrita, talvez por terem podido explorar as suas próprias ideias na experimentação com os Manipulativos.

Na fase final do estudo foi perguntado às crianças do ensino básico qual a Interface que tinham preferido em relação ao protótipo anterior do *Mobeybou*, o *TOK*. De um modo geral, as crianças preferiram a Interface Tangível desenvolvida nesta dissertação, justificando que as novas Interfaces possibilitavam uma maior interação com os Blocos Físicos.

5.2.2 Atividade 2

Neste estudo, o Instituto de Educação recebeu cerca 110 crianças do ensino pré-escolar. As crianças dividiram-se em grupos, experienciando várias atividades. Uma das atividades enquadra-se com o trabalho feito pelo *Mobeybou*, cujo tema se prende com o uso de Manipulativos Digitais pelas crianças. Foram apresentadas três Interfaces Tangíveis diferentes: o *TOK*, a Interface desenvolvida nesta dissertação e a uma versão de realidade aumentada do *Mobeybou*.

Foram recebidas duas turmas de cerca de 20 alunos, que foram divididos em grupos de 3. Os grupos visitaram cada Interface apresentada alternadamente.

Na Figura 5.11 é possível observar as crianças a experimentarem a Interface Tangível durante este estudo.



Figura 5.11. Crianças a experimentar o sistema desenvolvido no estudo 2.

Mais uma vez foi revelada a grande receptividade das crianças na experimentação deste sistema. Depois de lhes ser explicado o funcionamento da Interface Tangível e de a explorarem, as crianças conseguiram perceber os padrões de ligação dos blocos e começaram a criar histórias. É perceptível a reação positiva das crianças na manipulação dos blocos físicos, no sentido em que estiveram sempre muito atentas e interessadas durante a atividade.

5.3 Análise de Resultados

Os resultados obtidos com os testes laboratoriais foram, de uma forma geral, satisfatórios. Foi conseguida a implementação de uma Interface Tangível para criação colaborativa de histórias, funcional, de baixo custo e apelativa para as crianças. O único problema que surgiu foi relacionado com a implementação do botão de pressão, como identificador na ocorrência da conexão entre um Protagonista e um Objeto, pelo facto de os ímanes presentes nos conectores não exercerem força suficiente para acionar o botão. Por este motivo, optou-se pela não utilização deste mecanismo na altura de ser efetuado o estudo com as crianças, fazendo com que os Objetos fossem associados de uma forma aleatória aos Protagonistas. Existem algumas alternativas para solucionar este problema, como, por exemplo, a utilização de um outro tipo de sensor (por exemplo um sensor magnético) que possibilite este efeito, que seja de baixo custo e suficientemente pequeno para ser embutido em blocos físicos; ou a utilização de um quinto porto no conector entre Objeto e Protagonista, enviando um pulso quando ocorre o contacto que identifica a existência de conexão.

O estudo desenvolvido com as crianças permitiu confirmar a viabilidade desta abordagem a uma Interface Tangível, com o objetivo de contar histórias. Durante a implementação das atividades as crianças mostraram-se muito receptíveis a esta Interface Tangível, mantendo grande entusiasmo

mesmo quando lhes foi pedido para escreverem uma composição sobre um tema que envolvesse a Índia. O facto de terem tido contacto com diversas figuras, a partir da experimentação com os blocos físicos da Interface Tangível, “abriu asas” para a sua imaginação. Este aspeto vem reforçar a ideia de que o uso de Manipulativos Digitais, pela possibilidade de exploração de atividades diversificadas que permite realizar, promove o desenvolvimento da criatividade, da iniciativa comunicativa, pela relação estabelecida com os pares, no trabalho em grupo, esperando-se, assim, que venha a despertar um maior interesse para este tipo de abordagem nas práticas de ensino-aprendizagem.

A Interface Tangível desenvolvida pode ser integrada em diversas atividades pedagógicas, revelando-se uma ferramenta bastante útil no sentido em que o Professor/Educador a pode explorar para a realização de exercícios com as crianças. Com esta Interface Tangível podem ser desenvolvidas várias competências, como por exemplo a escrita, trabalho em grupo, organização de ideias, conhecimento de cultura geral, etc.

Analisando a Interface Tangível desenvolvida nesta dissertação com o *TOK* no primeiro estudo, percebe-se que a Interface desenvolvida, e alvo de reflexão nesta dissertação, proporciona uma maior liberdade na manipulação dos blocos físicos, pela possibilidade de serem criados vários padrões de conexões

As crianças preferiram, assim, esta abordagem precisamente por permitir uma maior interação dos blocos físicos com a Interface Gráfica, ou seja, existe uma maior interação entre o mundo físico e mundo virtual. Nesse sentido, este resultado vem reforçar a teoria de [2] e [5], de que o uso de Interfaces Tangíveis/Manipulativos Digitais proporciona uma comunicação mais natural entre o utilizador e a máquina, em relação às tradicionais Interfaces Gráficas.

O segundo estudo veio reforçar que, mesmo as crianças mais novas, do ensino pré-escolar, conseguem facilmente compreender a complexidade do funcionamento da Interface Tangível implementada, o que também suporta a teoria de que este tipo de sistemas é mais intuitivo para o utilizador e a manipulação de conteúdos digitais tem um maior potencial para despertar interesse e curiosidade nas crianças para a aprendizagem de conteúdos, pela sua facilidade de utilização e compreensão.

Em suma, os resultados obtidos nos estudos efetuados com as crianças foram bastante satisfatórios, tendo sido possível presenciar de perto o grande entusiasmo demonstrado por parte das crianças quando em contacto com este tipo de Interfaces, bem como a sua grande potencialidade.

Capítulo 6

Conclusões e Perspetivas Futuras

A presente dissertação é o resultado do trabalho desenvolvido em torno de um protótipo de uma Interface Tangível para a criação colaborativa de histórias. Este protótipo consistiu num sistema de leitura de blocos físicos, em que cada bloco representa uma de seis possíveis entidades distintas: Cenário, Elementos da Natureza, Protagonista, Antagonista, Animal e Objeto. A cada bloco físico está associado um conteúdo digital, despoletando uma animação sobre a sua entidade numa aplicação gráfica, quando conectados a um bloco principal, o *Master*. Enquadrado no projeto *Mobeybou*, esta Interface Tangível explora a utilização de Manipulativos Digitais por crianças para o seu desenvolvimento cognitivo, a partir da criação de histórias que visam a promover a multiculturalidade.

Foram elaborados estudos com crianças do ensino básico e pré-escolar sendo que esta Interface Tangível se revelou uma ferramenta com potencial para ser usada como um instrumento de auxílio ao Educador/Professor nas atividades de ensino-aprendizagem das crianças, facilitando o desenvolvimento de competências de escrita, de trabalho em grupo, imaginação, criatividade, capacidade de iniciativa, aquisição de cultura geral, entre outras.

Os objetivos propostos foram atingidos tendo-se concretizado o desenvolvimento de um sistema de leitura de peças para criação colaborativa de histórias. Um dos seus requisitos era a implementação de um sistema sem a necessidade do uso de uma plataforma com espaços limitados para a colocação de blocos físicos, como era o caso de abordagens anteriores do *Mobeybou*. Nesse sentido, foram exploradas as funcionalidades do *FC* para o desenvolvimento do sistema de leitura de peças/blocos físicos.

Os conteúdos digitais dos blocos físicos são de carácter multicultural. Nesse sentido, para a implementação das atividades, foram desenvolvidos conteúdos relativos à cultura da Índia. O *Mobeybou* possui materiais de temas de outras culturas que podem ser endereçadas nos blocos físicos da Interface Tangível desenvolvida e analisada ao longo da presente dissertação.

Uma grande potencialidade deste tipo de sistemas é precisamente a de permitirem uma grande flexibilidade na abordagem de diversos temas, o que indica que podem ser uma boa forma de promover o conhecimento em geral.

Para trabalho futuro propõe-se, então: o endereçamento, para os blocos físicos, das restantes entidades dos temas do *Mobeybou*; melhoria do sistema de acionamento do botão que faz associar um Objeto a um Protagonista específico, como, por exemplo, mudar o sistema para um outro tipo de sensor, adicionar um novo porto entre a comunicação dos blocos de Objeto e Protagonista, etc.; realização de estudos complementares, no sentido de investigar novas possibilidades na utilização de Manipulativos Digitais para o sistema de ensino-aprendizagem de crianças, o que pode, ao mesmo tempo, levar a possíveis ajustes na Interface Tangível.

Dentro do tema da multiculturalidade e criação de histórias, o *Mobeybou* vem a desenvolver diversas abordagens de diferentes Interfaces Tangíveis, como foi o caso da Interface abordada nesta dissertação. Com o conceito de entidades do *Mobeybou*, podem ser desenvolvidos outro tipo de abordagens a Manipulativos Digitais, desde a criação de sistemas que comunicam por blocos, até sistemas providos de realidade aumentada.

Deste modo, espera-se poder dar continuidade ao processo, o qual permitiu uma grande aprendizagem em termos técnicos, que se espera que venha a ter repercussões futuras, em termos profissionais. De igual modo, foi também uma mais valia em termos pessoais, pelos ganhos obtidos na relação com grupos diferenciados, nomeadamente, os colegas e investigadores do projeto *Mobeybou*, os colegas da Licenciatura em Educação Básica e todas as crianças envolvidas, as quais contribuíram para o sucesso de todo este trajeto.

Lista de Referências

- [1] M. Resnick *et al.*, “Digital manipulatives: new toys to think with,” in *Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1998, pp. 281–287.
- [2] H. Ishii and B. Ullmer, “Tangible bits: Towards seamless interfaces between people, bits and atoms,” in *Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1997, pp. 434–441.
- [3] “MOBEYBOU - Moving Beyond Boundaries - Designing Narrative Learning in the Digital Era,” 2015. [Online]. Available: <http://mobeybou.com/>. [Accessed: 12-Nov-2018].
- [4] M. Cottam and K. Wray, “Sketching tangible interfaces: Creating an Electronic Palette for the Design Community,” *IEEE Comput. Graph. Appl.*, vol. 29, no. 3, pp. 90–95, 2009.
- [5] M. S. Horn, E. T. Solovey, R. J. Crouser, and R. J. K. Jacob, “Comparing the Use of Tangible and Graphical Programming Languages for Informal Science Education,” in *Proceedings of the 27th International Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2009.
- [6] C. Sylla, C. Coutinho, P. Branco, and W. Müller, “Investigating the use of digital manipulatives for storytelling in pre-school,” *Int. J. Child-Computer Interact.*, vol. 6, no. C, pp. 39–48, 2015.
- [7] S. Hideyuki and K. Hiroshi, “AlgoBlock: a tangible programming language, a tool for collaborative learning,” in *Proceedings of 4th European Logo Conference*, 1993, pp. 297–303.
- [8] J. W. . Glos and J. Cassel, “Rosebud: Technological Toys for Storytelling,” in *CHI EA '97 CHI '97 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 1997, pp. 359–360.
- [9] B. Ullmer, H. Ishii, and D. F. Glas, “MediaBlocks: Physical Containers, Transports, and Controls for Online Media,” in *SIGGRAPH*, 1998.
- [10] M. J. Ananny, “Telling tales: a new way to encourage written literacy through oral language,” Massachusetts Institute of Technology, 2001.
- [11] P. Wyeth and G. Wyeth, “Electronic blocks: Tangible Programming Elements for Preschoolers,” in *Proceedings of the Eighth IFIP TC13 Conference on Human-Computer Interaction*, 2001, pp. 496–503.
- [12] H. Newton-Dunn, H. Nakano, and J. Gibson, “Block Jam: A Tangible Interface for Interactive Music,” in *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, 2003, pp. 170–177.
- [13] O. Zuckerman and M. Resnick, “System blocks: a physical interface for system dynamics simulation,” in *Proceedings of CHI'03*, 2003, pp. 810–811.
- [14] L. Buechley and M. Eisenberg, “BodaBlocks: a Collaborative Tool for Exploring Tangible Three-Dimensional Cellular Automata,” in *Proceedings of the 8th international conference on Computer supported collaborative learning*, 2007, pp. 102–104.
- [15] S. Hunter, J. Kalanithi, and D. Merrill, “Make a Riddle and TeleStory: Designing children’s applications for the Siftables platform,” in *Proceedings of the 9th International Conference on Interaction Design and Children*, 2010, pp. 206–209.
- [16] L. Garber, “Tangible user interfaces: Technology you can touch,” *Computer (Long Beach, Calif.)*, vol. 45, no. 6, pp. 15–18, 2012.
- [17] J. Dantas, C. Sylla, P. Branco, V. Carvalho, and E. Oliveira, “t-stories: Improving and Expanding t-words,” in *Proceedings of the 12th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, 2015.
- [18] G. Guerrero, A. Ayala, J. Mateu, L. Casades, and X. Alamán, “Integrating Virtual Worlds with Tangible User Interfaces for Teaching Mathematics: A Pilot Study,” *Sensors*, vol. 16, p. 1775, 2016.

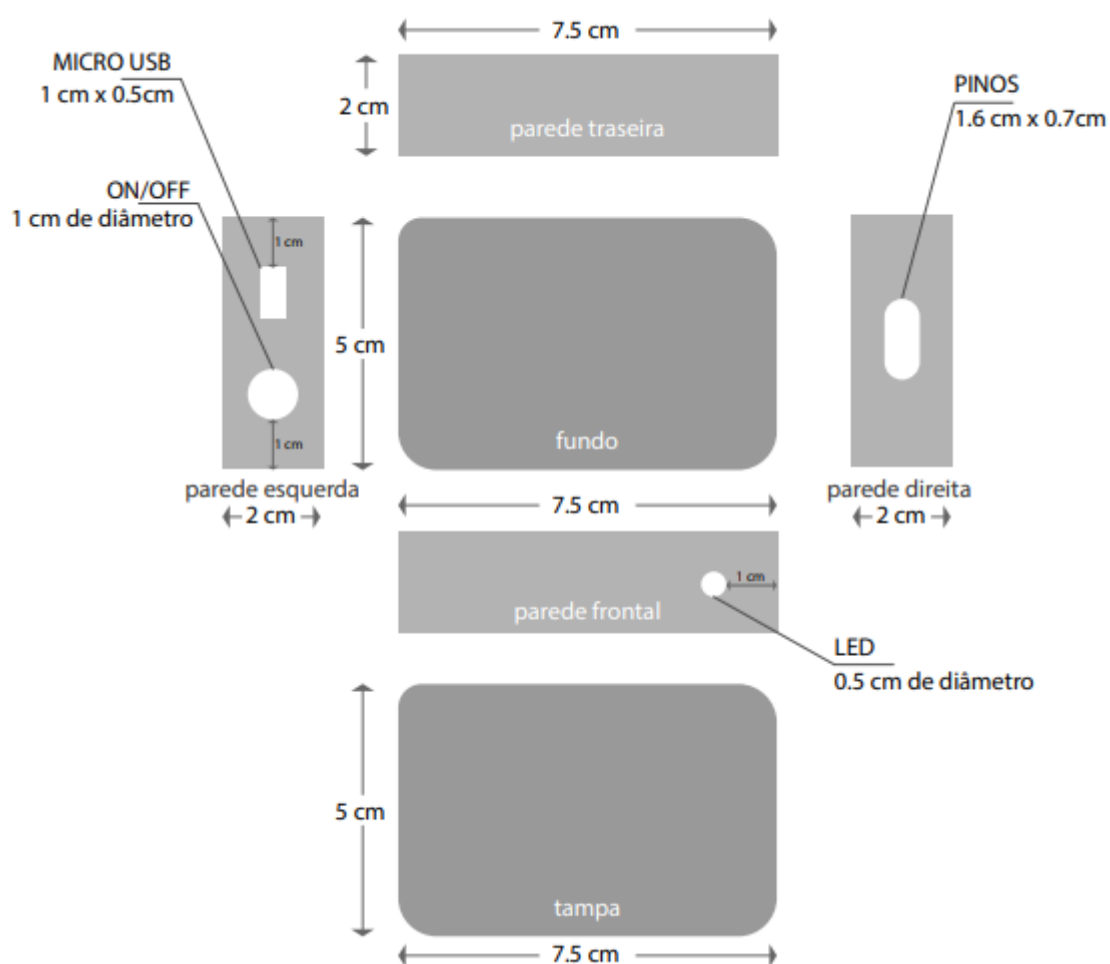
-
- [19] A. Cannavò *et al.*, “T4T: Tangible interface for tuning 3D object manipulation tools,” in *2017 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI)*, 2017, pp. 266–267.
- [20] R. M. Yilmaz, S. Kucuk, and Y. Goktas, “Are augmented reality picture books magic or real for preschool children aged five to six?,” *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 48, no. 3, pp. 824–841, 2017.
- [21] N. Villar *et al.*, “Project Zanzibar: A Portable and Flexible Tangible Interaction Platform,” in *CHI '18: Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2018, pp. 1–13.
- [22] M. Weiser, “The computer for the 21st century,” *Sci. Am.*, vol. 265, no. 3, pp. 94–105, 1991.
- [23] K. Sakamura and N. Koshizuka, “Ubiquitous computing technologies for ubiquitous learning,” in *IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE'05)*, 2005, p. 11 20.
- [24] A. Ousbourne, *An introduction to microcomputers*. 1978.
- [25] D. Johnson, “Implementing serial bus interfaces with general purpose digital instrumentation,” in *2009 IEEE AUTOTESTCON*, 2009, pp. 125-129.
- [26] “© 2019 Bluetooth SIG, Inc. All rights reserved.” [Online]. Available: <https://www.bluetooth.com/bluetooth-technology/radio-versions/>. [Accessed: 18-Oct-2019].
- [27] R. Rashid, Rozeha A.;Yusoff, “Bluetooth Performance Analysis in Personal Area Network (PAN),” in *2006 International RF and Microwave Conference*, 2006, pp. 393-397.
- [28] “Automatic Identification and Data Collection (AIDC),” 2016. [Online]. Available: <http://www.mhi.org/fundamentals/automatic-identification>. [Accessed: 18-Oct-2019].
- [29] “Meera.” [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Meera>. [Accessed: 18-Oct-2019].
- [30] “Pungi.” [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Pungi>. [Accessed: 18-Oct-2019].
- [31] “ESP32-WROOM-32D & ESP32-WROOM-32U Datasheet.” [Online]. Available: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32d_esp32-wroom-32u_datasheet_en.pdf. [Accessed: 18-Oct-2019].
- [32] “PIC16(L)F15313/23.” [Online]. Available: <https://www.mouser.com/datasheet/2/268/40001897A-1108654.pdf>. [Accessed: 18-Oct-2019].

Anexo I

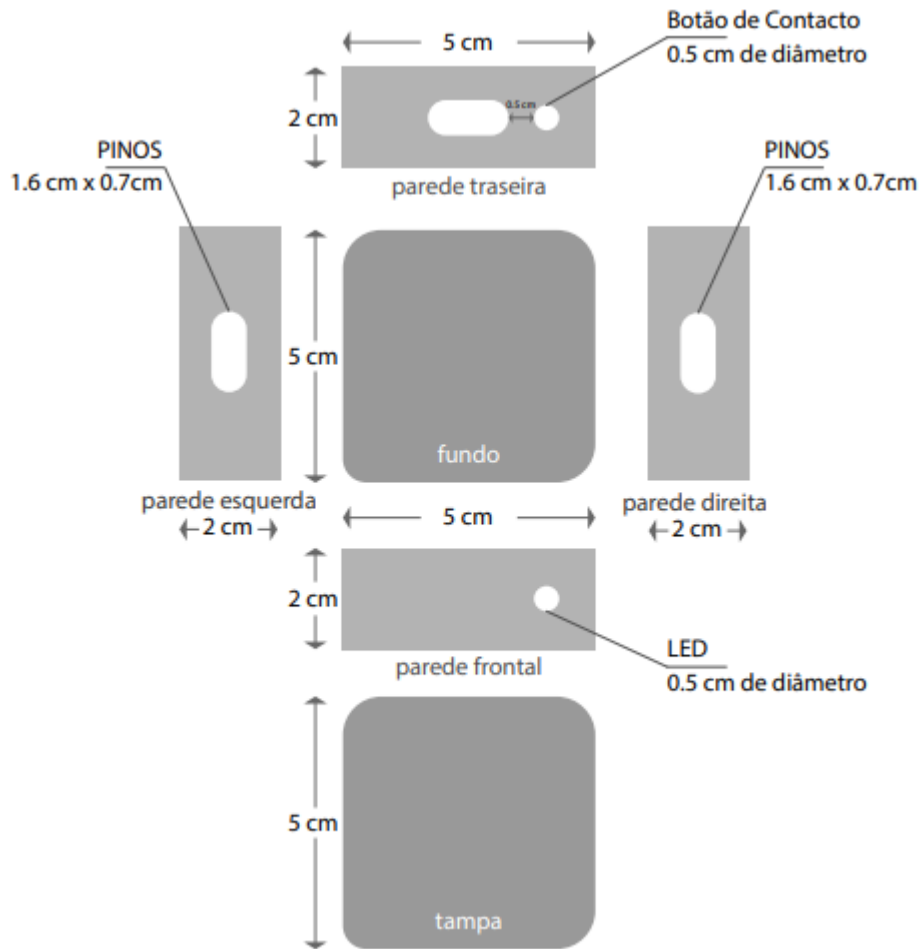
Maquete dos Invólucros do Blocos Físicos

Nas seguintes figuras são apresentados os esquemas dos invólucros utilizados para implementação dos blocos físicos:

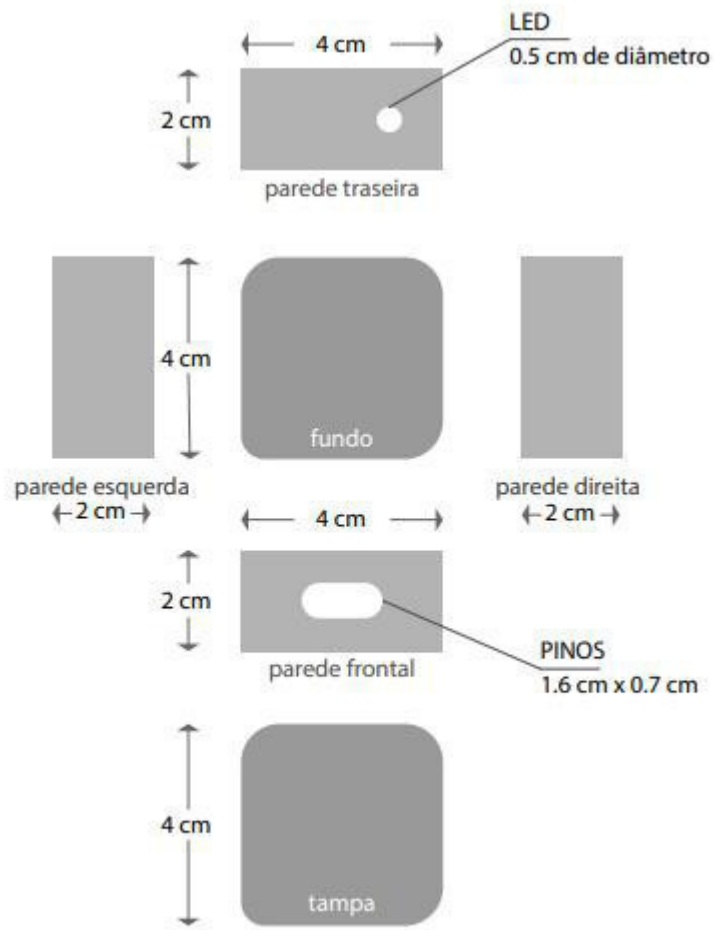
Bloco *Master*



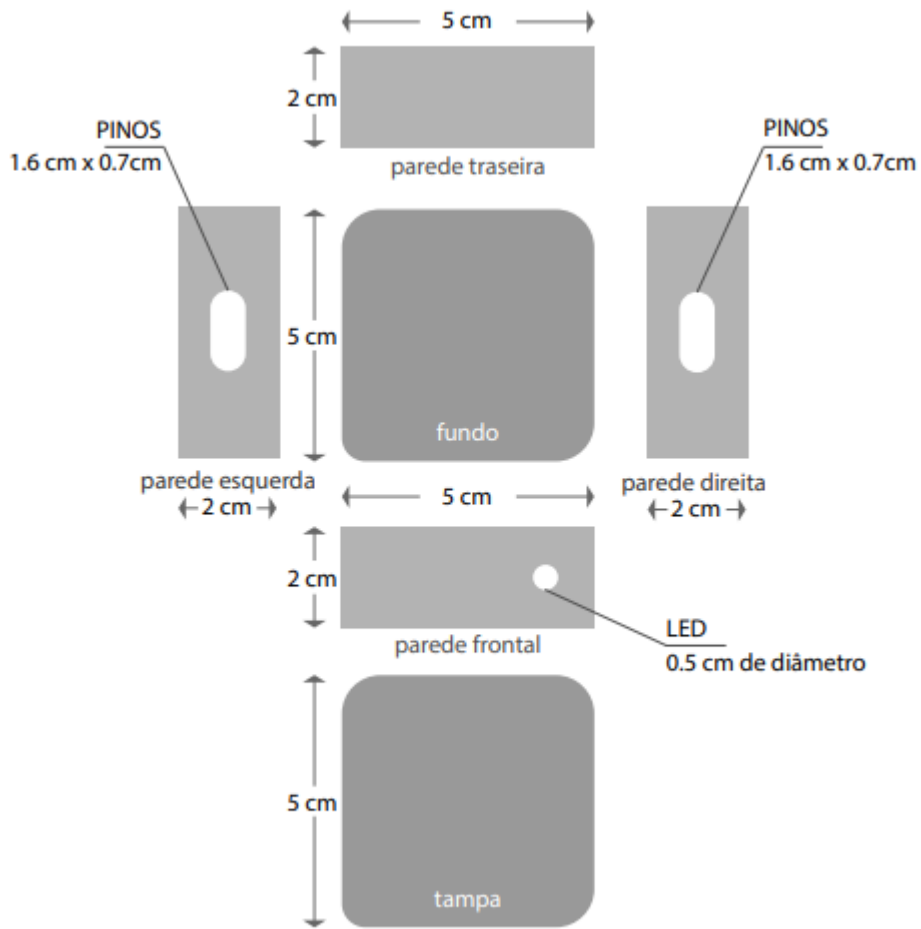
Blocos Protagonista/Cenário



Blocos Objeto/Elementos da Natureza



Blocos Animal/Antagonista



Anexo II

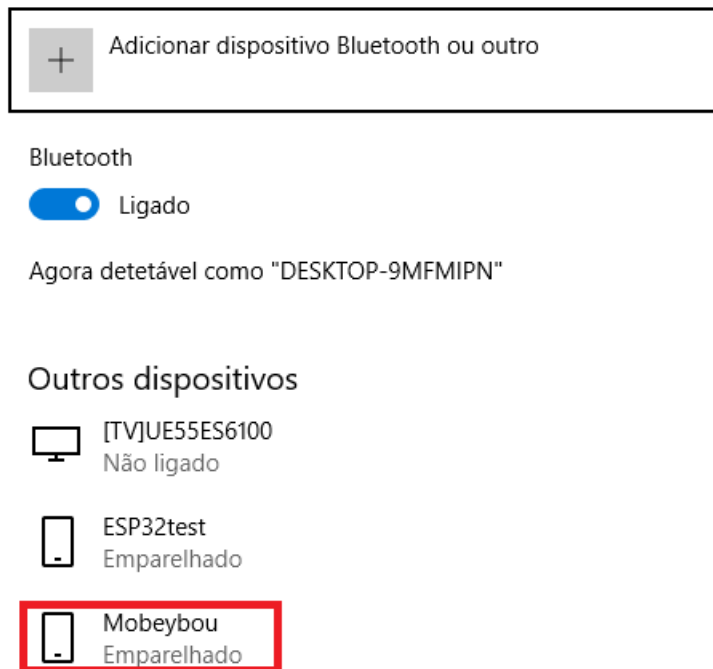
Passos de Utilização do Sistema

Passo 1: Ligar o dispositivo do *Master* a partir do *on/off* (ver XX).

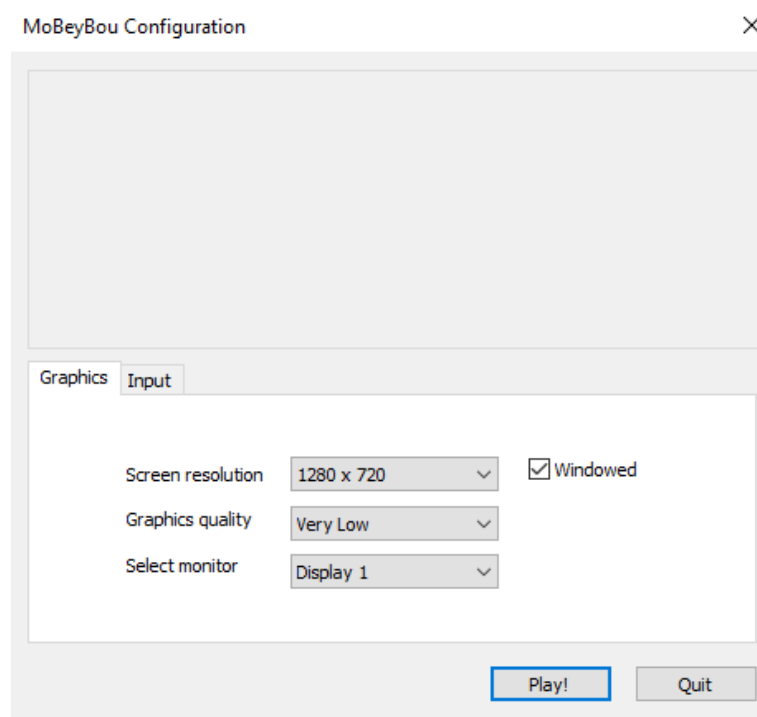


Passo 2: Emparelhamento do dispositivo do *Master* nos dispositivos *Bluetooth* do computador. Para isso, ir a opções *Bluetooth* do computador e adicionar um dispositivo com o nome “*Mobeybou*” (ver XX).

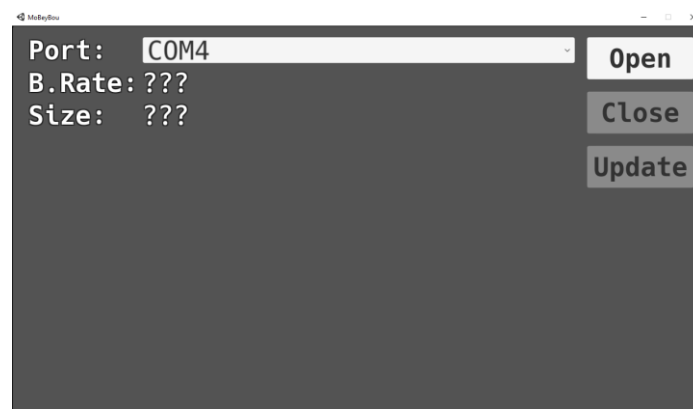
Bluetooth & outros dispositivos



Passo 3: Executar a aplicação gráfica. Na XX é mostrado o menu de execução. É possível seleccionar o modo de execução (“*windowed*” ou “*fullscreen*”) bem como a resolução da imagem.



Passo 4: Durante o menu de *Loading* da aplicação, carregar na tecla “2”. Será mostrado um outro menu, onde é possível selecionar a porta *Bluetooth* (ver XX). Este menu serve também de terminal de comunicação a partir do botão “*update*” que mostra os endereços dos blocos conectados. Depois de selecionada a *COM Bluetooth* carregar na tecla “*esc*”. Desta forma a aplicação é iniciada corretamente, associada à comunicação *Bluetooth* com o *Master*.



Passo 5: Iniciando a aplicação, será mostrado uma imagem vazia, com fundo branco, indicando que não se encontram blocos conectados ao *Master*. A partir daqui, podem ser conectados blocos. Uma sugestão é conectar como primeiro bloco um Cenário, de modo a preencher o fundo da imagem. A partir daqui podem ser criados vários padrões de histórias.



Anexo III

Composições Escritas por Alunos do 4º Ano

Composições escritas por alunos do 4º ano de escolaridade:

Um Natal na Índia

Uma noite de Natal, Meera e o irmão, ao passearem pelas montanhas, encontraram um elefante raro.

E pensaram que não tinha problema de levá-lo para casa.

Depois de algum tempo começaram a anoitecer. Como era noite de Natal, o pai das crianças estava a começar a ficar preocupado porque as crianças não estavam presentes na casa de Natal, onde toda a família se reunia.

As crianças estavam a ficar com medo e não encontravam o caminho para casa e encontraram uns sapatos mágicos que os levaram até à sua casa.

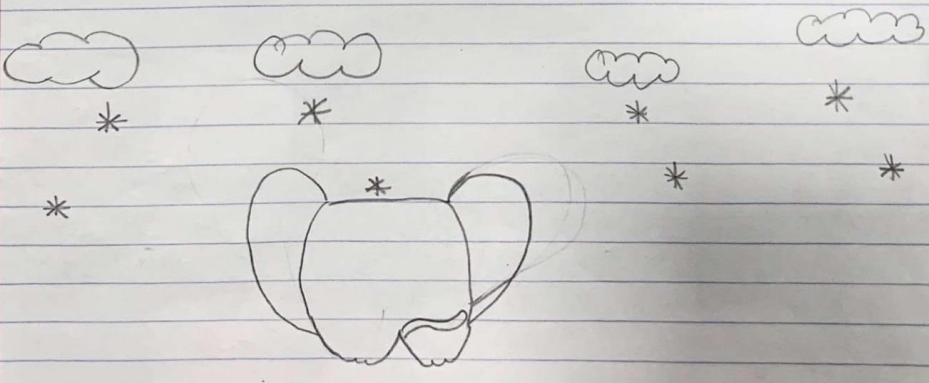
Quando chegaram a casa o pai perguntou:

— Quem é este elefante? Como se chama? Como chegou aqui?

— Ele é nosso amigo, chama-se Hatti e ele veio conosco.

Eles olharam pela janela e viram que estava a começar a nevar. Então o pai teve a brilhante ideia de ir brincar com os seus filhos na neve.

E no fim da brincadeira ficaram os melhores amigos para sempre. É sempre que nevava reuniam-se eles a brincar.



The page features several hand-drawn illustrations. At the top, there are four small, fluffy clouds, each with a small star below it. Below these, there are two more stars. In the center, there is a large, detailed drawing of an elephant's head, facing forward, with a star above its forehead. To the right of the elephant's head, there are two more stars, one above and one below.

Um Natal na Índia

Numa manhã de Natal, os irmãos Azeera e Rajesh estavam em casa a brincar. A mãe foi à beira dos irmãos e disse:

- Podem-me ir buscar cenouras à borda do rio para o arroz?

- Claro que podemos, mãe! - disseram eles.

Eles iam a caminho da borda mas perderam-se e a Azeera disse:

- O que fazemos agora, Rajesh, estamos perdidos nesta enorme floresta!

- Vamos ligar à mãe - disse ele assustado.

- Boa ideia - disse a Azeera.

- Debo que temos um problema? - disse ele.

- O quê? - disse a Azeera.

- Não temos rede - disse o Rajesh.

Os irmãos ouviram um sibilar entre os arbustos e foram espantados. O Rajesh abriu os arbustos e saiu de lá uma cobra aterrorizante que começou a perseguí-los.

A cobra apunhou-lhes e perguntou:

- Como se chamam?

- Eu sou o Rajesh e esta é a minha irmã Azeera! - disse ele.

- É tu? - perguntou a cobra.

- Sou o Rajesh! - disse a cobra.

O Rajesh disse:

- Podem-nos dar umas cenouras?

- Claro que posso - disse a cobra.

Por coincidência a casa da cobra era à beira dos meninos.

A cobra disse:

- Quantas cenouras querem?

- Podem ser três! - disseram eles.

A cobra deu-lhes três cenouras e os irmãos passaram o Natal feliz.

Um Natal na Índia

Numa manhã de inverno, a Meera e o Rajesh estavam a acabar de preparar as malas para viajar para a Índia e para passar em o Natal.

Quando chegaram à Índia a Meera estava um pouco enojada porque a viagem foi longa e muito atribulada. Chegando à sua cidade natal, Yarnasi, resolveram ir visitar o mercado de natal e a Meera disse:

- Está tudo bem natali'ssio!

- Está tudo muito bonito!

- Vamos comprar acessórios para decorar a casa?

- Que grande ideia! - o Rajesh disse:

Desde que me comprou a chapeu tradicionalmente e ao longe viram um elefante e foram pedir ajuda e o elefante foi levá-los a casa.

Assim passaram o natal felizes.

Passado o Natal foram para o aeroporto para voltar para a sua cidade.

De volta viram uma fante chamada panggi enrolado numa cobra.

A menina foi pedir à cobra:

- Poder me dar o panggi?

- Não - respondeu a cobra.

Depois, a Meera viu uns sapatos mágicos. Calçou-os e voou.

Enquanto o irmão dela distraía a cobra ela desceu do voo e pegou no panggi.

Ela começou a tocar o panggi e assim foi o final da história.

♡ Fim ♡

Um Natal na Índia

Numa bela noite de Natal, dois irmãos que viviam em nova Delhi que se chamavam Meera e Rajesh.

Nesse dia quando estavam a festejar ouviram um barulho vindo do sótão e o Rajesh disse:

- Que barulho foi este?
- Não sei! - disse a Meera.

Foram ao sótão e viram a esbora Nagui tinha um veneno não fatal, pelo contrário tinha poder.

A esbora disse:

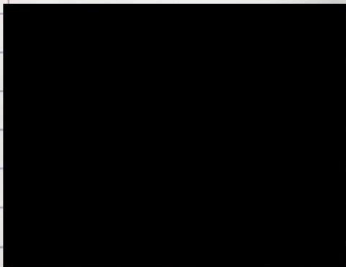
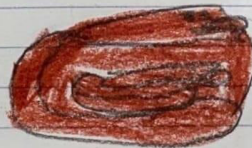
- Eu não vos quero fazer mal só quero ser vossa amiga.

Finalmente os meninos perceberam que a esbora não queria fazer mal.

A partir daquele momento a Nagui ficou a pertencer à família.

Foi o presente de Natal dos dois irmãos para a pobre querida Nagui.

Passaram o melhor Natal da sua vida e naquele Natal a Nagui teve um bebé.



Um Natal na Índia

Numa noite de Natal, Maria e o irmão ao passarem pelas montanhas encontraram um elefante morto. E pensaram que não tinha problema de leva-lo para casa.

Selo caminho encontraram um sapato e decidiram calçá-lo. Parado de momento repararam que estavam em casa.

O pai perguntou:

— Quem é esse elefante? É o que faz com vocês?
Eles disseram que eram um amigo que conheciam.

O pai decidiu ir lá fora mas estava muito escuro e muita escuridão.

É Natal? disseram os irmãos ao mesmo tempo.

Os irmãos estavam tão felizes que foram logo para a cama.

De repente o pai foi a cidade e fez os presentes lá silenciosamente.

Eles acordaram mas ~~ba~~ antes roncaram, um bom feliz natal e acordaram.

Foram ao fimado e viram os presentes e eles abriram foram chamar o pai e abriram os presentes.

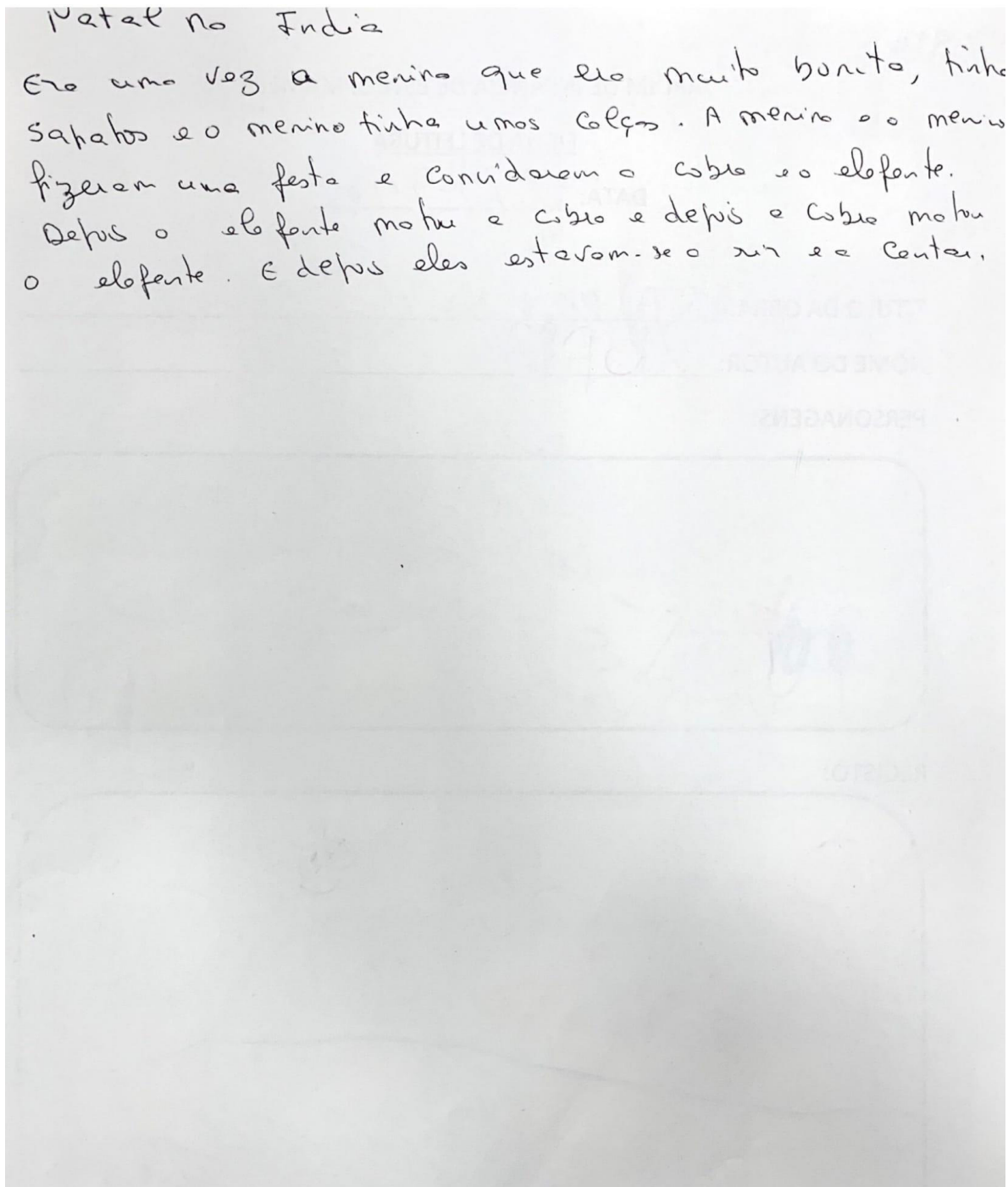
É o pai desejou um feliz Natal.

Fim ♥ ♥ ♥

Anexo IV

Composições Escritas por Alunos do Ensino Pré-escolar

Composições escritas por alunos do pré-escolar, com ajuda dos adultos.





Natal do Índio:

Era um vez a cobra lutava com o elefante e o elefante lutava com a cobra. A menina tinha uma coixinha pequenina vermelha na testa. O menino tinha o cabelo verde para o lado. Os sapatos maiores eram verdes, era uma personagem. Havia um elefante, que tinha uma coisa vermelha nas costas para as pessoas não se sujarem com o feio. A flauta tinha uma bola e fazia baunk (uuu). Quando acabou a história eles estavam todos a dançar.



Natal no Índia

Era uma vez uma menina e um menino que tinham os dois um elefante. E depois quando eles não estavam a contar a parcer um coelho. E depois o elefante mordeu a coelho.



Ére umo vez umo menina e um menino. Eles eram irmãos. Um dia o menino abriu a porta e viu um elefante, depois abriu a outra porta e viu uma cobra. Depois o elefante e a cobra começaram a lutar. O menino e a menina pararam a luta e a cobra e o elefante, pegaram um susto ao menino e a menina. O menino disse para pararem de lutar e a cobra e o elefante continuaram a lutar. Depois a menina conseguiu parar a luta e perguntou como é que a luta começou e depois a cobra morreu e o menino e a menina ficaram felizes para sempre.

FIM



:OÃÇAIJAV



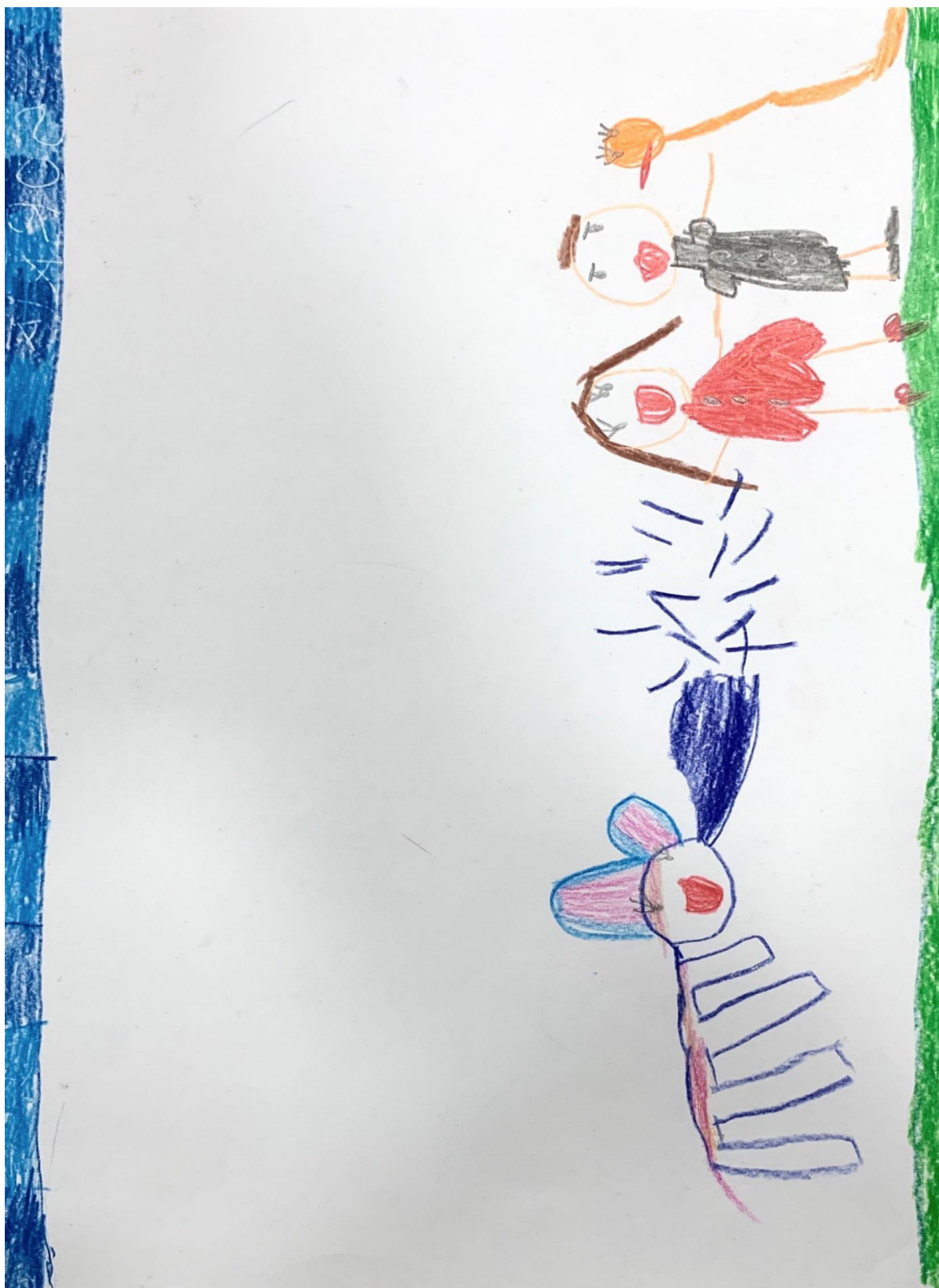
O elefante comeu com os
seus amigos no restaurante.

Depois eles saíram do restaurante
e foram para a praia. Na praia
comeram um gelado de chocolate.

Depois foram brincar para um
parque e comeram McDonald.

Depois foram a uma loja
comprar biscoitos e foram
ajudar o vovô a montar a árvore,
e os biscoitos ficaram no cano.

Depois foram para casa fazer
a árvore de Natal.



O menino estava a tocar flauta
a girafa a cobra e o elefante
estavam a passear. O menino
e o menino foram ao
castelo e ouviam uma
flauta a tocar e começa-
ram a dançar. A menina
vei uns sapatos e calçou
e começou a subir para o
teto.

Fim



AValiação



Éra uma vez um menina
que gostava de brincar com
uma menina, mas tinham
cuidado com a cobra. Quando
viram um elefante brinca-
vam com ele. Depois viram
uns sapatos mágicos a
menina calçou-os e começou
a voar. Depois o menino
viu a cobra e disse à menina
para fugir. Depois o menino
e a menina fugiram para casa
mas levaram os sapatos.
O elefante com a mãe dos
meninos também foi
para casa com eles.
O menino viu e pediu a mãe
para ficar com ele. O Pai viu
e decidiu fazer uma casa para o
elefante no jardim. E viveram felizes



Era uma vez um menino indiano e
 um menino indiano. Um dia a
 mãe mandou-os ir para um sítio
 e não sabiam que estava lá um elefante
 e uma grande cobra. Quando
 abriram as mochilas viram
 uns sapatos mágicos na mochila
 azul e na mochila rosa uma
 flauta que fazia os animais
 serem amigos. Então o menino
 calçou os sapatos e a menina
 tocou flauta. Eles dançaram
 tocaram, e o menino como
 os sapatos eram mágicos
 que ele dançava no ar. E todos
 fizeram uma festa a festa de
 amizade

Vitória TIM

Vitória

ACABOU - O HISTÓRIA

