

# Desenvolvimento de Solução Digital



## Relatório final

---

### Licenciatura em Engenharia Informática Interação Pessoa-Computador

Tânia de Jesus Vilela da Rocha

Diana Carneiro Machado de Carvalho

#### **Autores**

Diogo Medeiros n.º 70633 (diogo\_medeiros@sapo.pt)

Eduardo Chaves n.º 70611 (educhaves430@gmail.com)

João Rodrigues n.º 70579 (joaoconstanciorodrigues@gmail.com)

Pedro Silva n.º 70649 (pedrosilva2001@gmail.com)

Rui Pinto n.º 70648 (ruijoapinto@gmail.com)

Vila Real, junho de 2022

## RESUMO

No âmbito da unidade curricular de Interação Pessoa-Computador, desenvolveu-se uma solução digital, neste caso, uma solução interativa, aliando objetos reais à tecnologia, através de uma aplicação lúdica destinada a crianças com idades entre os 2 e os 5 anos com ou sem necessidades especiais, permitindo assim a inclusão, e estimulando desde cedo o reconhecimento das diferenças, pela partilha de experiências envolvendo os vários sentidos.

O nome escolhido para a solução digital foi “FunTable4All”. Este nome teve por base o objetivo da solução – proporcionar diversão a todas as crianças enquanto estas jogam e aprendem.

O desenvolvimento da solução culminou na avaliação da usabilidade e acessibilidade, fulcrais dada a nossa opção de solução.

**Palavras-chave:** Interface tangível, Jogo, Aprendizagem, Aplicação, Inclusivo, Interativo, Crianças, Braille

## ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO .....	4
1.1	Contextualização .....	4
1.2	Descrição da solução .....	4
1.3	Objetivos .....	5
2.	ESTADO DA ARTE.....	6
2.1	Fundamentação.....	6
2.2	Apresentação de conceitos .....	6
3.	APRESENTAÇÃO DA SOLUÇÃO DIGITAL CRIADA.....	11
3.1	Metodologia .....	11
3.2	Mapa mental das funcionalidades e descrição detalhada de cada uma.....	12
3.3	Descrição dos requisitos .....	12
3.4	Jornada do utilizador .....	13
3.5	Design da Interface.....	14
3.6	Avaliação da acessibilidade .....	16
3.7	Avaliação da usabilidade .....	18
4.	CONCLUSÃO .....	25
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Contextualização

No âmbito da unidade curricular de Interação Pessoa-Computador, desenvolveu-se uma solução digital correspondendo a uma solução lúdica e tangível destinada a crianças.

O público-alvo desta solução digital interativa será o grupo de crianças com idades compreendidas entre os 2 e os 5 anos, pretendendo incluir crianças com ou sem necessidades especiais, sendo devidamente adaptada em função destas necessidades.

Dado pretendermos desenvolver uma solução interativa, tangível e inclusiva, deu-se início a uma pesquisa sobre o tema de forma a optar por uma solução inexistente no mercado. Ao longo da pesquisa, concluímos que a nossa solução difere das restantes quanto ao público-alvo, uma vez que os participantes serão crianças com ou sem incapacidade visual, auditiva ou motora. Por outro lado, a solução também difere por não ser apenas mais uma aplicação interativa, mas sim uma atividade que alia objetos reais às tecnologias.

### 1.2 Descrição da solução

O protótipo tem por base os seguintes componentes:

- Software – aplicação interativa, com o intuito de estimular as crianças, levando-as, através dos sentidos, a aprofundar a sua aprendizagem relativa a números, sólidos e frutos, tendo como foco o design universal;
- Aparatos – uma base plana, munida de orifício central sob o qual se encontra uma câmara; sobre a base estão disponíveis os objetos a manipular (com marcadores fiduciais a serem reconhecidos pela câmara); dispositivo de visualização (monitor, tablet, etc.) conectado à câmara, que indica qual o objeto a colocar no orifício.

Dado ainda não se ter desenvolvido o protótipo na íntegra, apresenta-se esquematicamente a pretensão na figura seguinte.

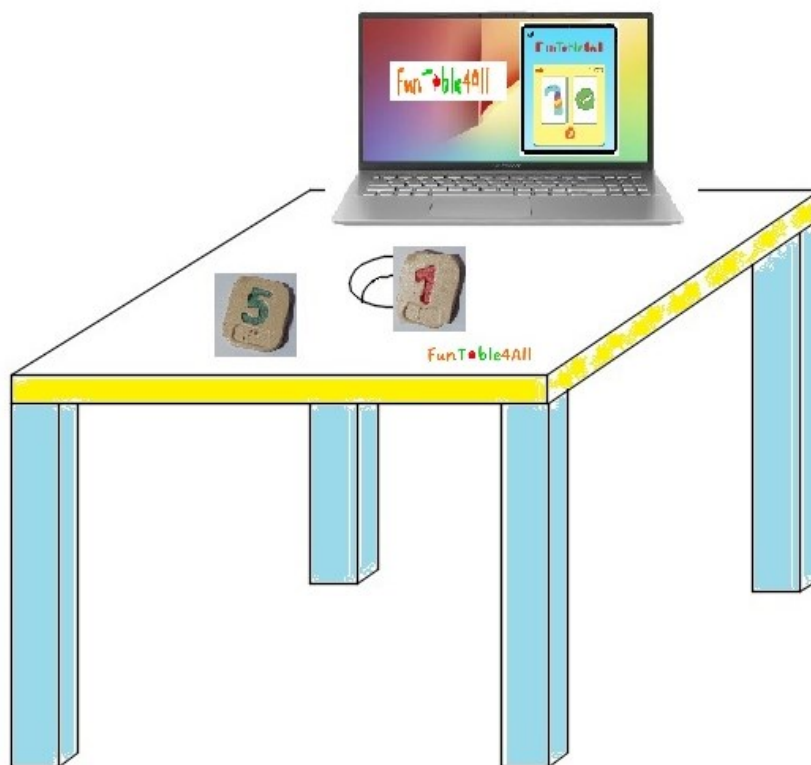


Fig.1 – Esquema elucidativo do protótipo da solução digital

### 1.3 Objetivos

O desenvolvimento da solução teve por base as seguintes tarefas:

- Desenvolver uma aplicação que inclua jogos educativos envolvendo os vários objetos
- Garantir que a aplicação faculte a informação necessária à criança, de acordo com as suas necessidades, de modo que esta interaja, escolhendo o objeto pretendido
- Com recurso ao hardware necessário, desenvolver um sistema responsável pelo processamento da imagem capturada pela câmara e reconhecimento dos marcadores fiduciais
- Reunir os objetos necessários, nomeadamente frutos, sólidos e números

## 2. ESTADO DA ARTE

### 2.1 Fundamentação

Tal como foi referido na introdução, quando se decidiu desenvolver uma solução digital interativa, lúdica e tangível para crianças, fez-se uma pesquisa exhaustiva sobre o tema em questão, conduzindo a dissertações, publicações científicas e soluções existentes, culminando em informação pertinente para a opção escolhida.

Apercebendo-nos da lacuna existente nas soluções disponíveis aliada à necessidade de inclusão das crianças com necessidades especiais, decidimos avançar com o desenvolvimento de uma solução distinta, original e que simultaneamente preenche essa lacuna.

Assim, concluiu-se que embora já existam vários projetos que envolvam soluções tangíveis para crianças, sensoriais e inclusivas, não encontramos nenhuma solução que simultaneamente, envolva todo o tipo de crianças, com ou sem necessidades especiais, permitindo assim a inclusão, e estimulando desde cedo o reconhecimento das diferenças, pela partilha de experiências envolvendo os vários sentidos.

### 2.2 Apresentação de conceitos

A fim de averiguar o estado da arte, foram elaboradas questões específicas que permitiram delimitar a pesquisa efetuada, conduzindo a resultados mais próximos e concretos do pretendido, sendo as mesmas:

- Que soluções lúdicas e interativas existem?
- Quais as soluções que incluem como participantes as crianças com necessidades especiais?
- Quais as soluções tangíveis que permitem a sua utilização por qualquer criança?
- Quais as aplicações interativas que aliam objetos a tecnologia?
- Quais os requisitos das soluções *tabletop* para crianças com necessidades especiais?

Analisando cada referência encontrada, seguem-se os conceitos tidos em conta:

- Segundo Bekker, Schouten, e de Graaf (2014), novas tecnologias, tais como sensores e atuadores podem permitir enriquecer os jogos, alterando a dinâmica no processo de design.
- Choosri, Pookao, e Swangtrakul (2017), analisam os resultados de uma experiência envolvendo testar um jogo físico interativo, concluindo que quando as crianças são obrigadas a ter uma interação tangível de objetos, de apreensão e localização, isto encoraja-as a praticar e desenvolver a sua habilidade motora fina durante o jogo.
- Na sua dissertação de mestrado sobre Interfaces persuasivas e tangíveis, Almeida, (2010), conclui que a concentração das crianças e empenho em alcançar os objetivos é bastante superior, quando utilizam uma interface tangível.
- Cerezo, et al (2019), elaborou um guia que pretende dar orientações para o desenvolvimento de atividades tangíveis do tabletop para crianças com hiperatividade, destacando-se a adaptabilidade da dificuldade do jogo, correspondendo à heurística de Nielsen – flexibilidade e eficiência de uso; a clareza do objetivo do jogo; o encorajamento e feedback positivo; a estimulação do interesse e motivação; a melhoria dos jogos quanto à atenção seletiva.
- Cossou, Bouchigny, Mégard, Huguenin, e Ammi (2017), referem que a maioria dos Tabletops interativos só usam o seu ecrã como interface de feedback pelo que a acessibilidade visual é imprescindível
- Antle (2007), promoveu um workshop subordinado ao tema *Conceber jogos tangíveis para crianças pensarem*, onde se procurou dar resposta a perguntas tais como: como é que o design de objetos tangíveis se relaciona com o design do jogo? Que tipos de jogos são adequados para plataformas tangíveis, tanto para entretenimento como para propósitos educativos? Quais as tecnologias de deteção mais adequadas para os tabletops? Como avaliamos os jogos do ponto de vista do design de interface tangível, rastreando tecnologias e design de jogos?

- Li, Fontijn, e Markopoulos (2008), descrevem as conclusões tiradas após testar o uso de uma mesa de jogo tangível por crianças com paralisia cerebral, salientando que o desenvolvimento da mesma teve por base a participação de terapeutas indicando como requisito expresso durante as sessões de design participativo, a capacidade de especificar ou adaptar movimentos que seriam usados como elementos do jogo. O jogo foi considerado divertido e motivador, resultando num aumento da duração e estimulação do treino das mãos e dos braços proporcionando apoio ao exercício para crianças com Paralisia Cerebral. A experiência de desenhar o jogo usando o design participativo, incluindo crianças e terapeutas pode ajudar a projetar os aspetos físicos da interação em áreas que se estendem para além do domínio tradicional do design de interação.
- Liang, Li, Weber, e Hußmann (2021), fazem uma análise do tema *Interação tangível para a aprendizagem criativa infantil*, referindo que a aprendizagem tangível envolve gestos e movimentos, enfatizando o uso do corpo na prática educativa, aliado à curiosidade nata das crianças.
- Marco, Baldassarri, e Cerezo (2013), analisam os resultados de uma atividade concluindo que devido à idade jovem das crianças, os métodos baseados em expressões infantis ou verbalizações dos seus pensamentos foram evitadas, sendo substituídos por métodos de teste de usabilidade, nomeadamente notas de observação, registo automático e gravação de vídeo, provando serem mais eficazes para comparar diferentes versões do protótipo a fim de capturar os seus gestos naturais a serem implementados no jogo.
- Marco, Cerezo, e Baldassarri (2009), fizeram uma investigação sobre o design e avaliação de um protótipo de mesa orientado para crianças entre 3 e 6 anos, analisando as observações das crianças participantes. Concluiu-se que o feedback é fundamental para as crianças saberem a cada momento se estão a fazer o certo ou errado; deixar as crianças explorar e descobrir realça a diversão e, assim, a aprendizagem.



- Marco, Cerezo, Baldassarri, e Mazzone (2009), desenvolveu um protótipo de mesa que permite a crianças de um jardim de infância, tirar benefícios das novas possibilidades pedagógicas que a interação tangível e as tecnologias de mesa oferecem para a aprendizagem manipuladora. O protótipo foi implementado num tabletop, mas a interação com o jogo era baseada na manipulação de brinquedos. Esta experiência não teve em conta a participação de crianças com necessidades especiais.
- Mokhtar, Mohamed, Siang e Jumaat (2020), desenvolveu um Jogo Educativo Tangível, que demonstrou que a inovação destas soluções beneficia os utilizadores. Para as crianças, este tipo de solução pode trazer uma nova forma e experiência de aprender ao jogar.
- Oliveira, Pereira, Fernandes, Pacheco e Alves (2020), publicou um artigo científico onde descreve o desenvolvimento de um jogo inclusivo para deficientes visuais, visando a inclusão de deficientes visuais em atividades lúdico-pedagógicas.
- Pires et al (2019), desenvolveu um sistema interativo inclusivo para a aprendizagem da matemática que permite às crianças se envolverem de forma autónoma e resolver tarefas de composição aditiva. Esta solução proporciona um rico e divertido ambiente multissensorial para crianças com diferentes capacidades visuais de aprender matemática.
- Ramalho (2019), descreve na sua tese, a utilização da mesa interativa por multitoque na sala de aula e o seu impacto na aprendizagem de conteúdos de Astronomia. A comparação e análise de todos os resultados sugere que a utilização sistemática das MIM na sala de aula tem consequências positivas no sucesso educativo dos alunos e na sua motivação para as aprendizagens.
- Reville, Zuckerman, Druin e Bolas (2005), refere que Interfaces tangíveis do utilizador, que fornecem interatividade usando objetos físicos reais, são promissoras para as crianças, dado que explorar e manipular objetos físicos é uma componente chave da aprendizagem das crianças.

- Suarez, Marco, Baldassarri e Cerezo (2011), compara Interação tangível e tátil em Crianças com necessidades especiais. Resumidamente, este estudo mostra-nos as diferenças entre ambas as versões e a importância de devolver feedback visual e auditivo para que as crianças possam compreender o progresso do jogo.
- Torrey (2016), fala dos símbolos tangíveis e dos benefícios do seu uso por parte de crianças com competências linguísticas emergentes, que são cegos ou deficientes visuais, com ou sem outras deficiências, que não podem usar símbolos de impressão, imagens ou Braille para apoiar a sua comunicação expressiva.
- Segundo Van Delden, Aarts e Van Dijk (2012), os jogos podem oferecer uma alternativa divertida à repetição de tarefas. No seu trabalho, foi proposto o uso de jogos interativos tangíveis para o treino repetitivo dos membros superiores na terapia de crianças com Paralisia Cerebral obtendo resultados promissores.
- Wang (2014), refere na sua dissertação subordinada ao tema *Jogo educacional tangível para crianças do pré-escolar*. Esta tese explora o potencial de utilização da interface de utilizador tangível como ferramenta para desenvolver jogos educativos para crianças do pré-escolar. Esta interface combina as vantagens e flexibilidade dos ecrãs tradicionais e a capacidade de permitir que as pessoas partilhem o conteúdo digital no tampo de mesa.
- O artigo de Xu (2005), diz respeito às tecnologias tangíveis no ambiente de aprendizagem das crianças. O autor refere os benefícios das tecnologias tangíveis, sendo estas mais expressivas, com grande potencial na aprendizagem das crianças.

Tendo em conta todos os conceitos obtidos pela pesquisa feita, concluímos adequada a solução, uma vez que alia o jogo, a aprendizagem, os sentidos, e privilegia a inclusão.

Trata-se de uma solução tangível inclusiva, que implica a manipulação de objetos físicos, podendo ser usufruída por crianças com necessidades especiais, incluindo as invisuais, apoiando a comunicação expressiva destas crianças.

### 3. APRESENTAÇÃO DA SOLUÇÃO DIGITAL CRIADA

#### 3.1 Metodologia

Para desenvolver a solução apresentada, usou-se a linguagem de programação Python com recurso à biblioteca open source Kivy e auxílio da IDE PyCharm.

A escolha da framework Kivy teve por base o facto de esta ser independente de qualquer plataforma, nomeadamente Windows, Android, iOS.

Dado que a solução assenta na interação entre o utilizador e aplicação, com manipulação de objetos físicos, tornou-se necessário facilitar a identificação destes objetos por parte da aplicação, recorrendo ao uso de marcadores fiduciais. Por esta razão, usou-se a framework reacTIVision que permite o tracking rápido e robusto destes marcadores. Esta framework envia mensagens TUIO através de UDP para a porta 3333, permitindo qualquer aplicação que suporte este protocolo de capturar e processar as mensagens.

O Kivy tem suporte nativo para o protocolo TUIO, o que facilitou a integração do reacTIVision com a aplicação desenvolvida.

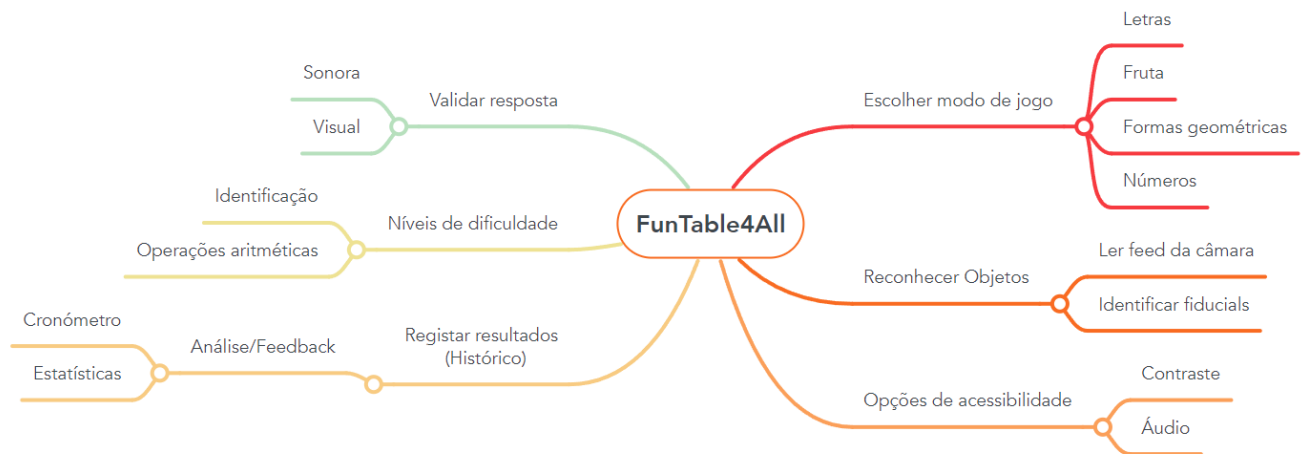
Recorreu-se extensivamente à linguagem de design KV, dado que permitiu, por um lado, separar a lógica da aplicação da interface do utilizador, e por outro, reutilizar certos elementos visuais.

Relativamente ao progresso da solução, e porque a componente tangível do protótipo ainda não está implementada, a aplicação desenvolvida foi testada no PC tirando partido da respetiva webcam.

Embora a aplicação preveja quatro modos de jogo, debruçamo-nos sobre um deles, neste caso, o modo dos números, possuindo para o efeito os recursos necessários.

Todos os pormenores descritos relativos à implementação da aplicação podem ser consultados no repositório “FunTable4All.” (Medeiros, 2022)

### 3.2 Mapa mental das funcionalidades e descrição detalhada de cada uma



### 3.3 Descrição dos requisitos

#### Requisitos não funcionais

- RNF.01 – A solução digital deverá permitir o fácil uso por parte de qualquer utilizador
- RNF.02 – A solução digital deverá funcionar em qualquer dispositivo móvel
- RNF.03 – A solução digital deverá ser robusta e tolerante a falhas
- RNF.04 – A solução digital deve ter um design simples

#### Requisitos funcionais

- RF.01 – A solução digital deve ter um módulo de iniciar o jogo
- RF.02 – A solução digital deve ter um módulo de jogar
- RF.03 – A solução digital deve permitir desistir
- RF.04 – A solução digital deve permitir optar por um modo de jogo
- RF.05 – A solução digital deve indicar se o utilizador acertou ou errou
- RF.06 – A solução digital deve permitir optar por jogar com auxílio a narração
- RF.07 – A solução digital deve indicar ao utilizador o seu sucesso

- RF.08 – A solução digital deve conter em todas as fases a capacidade de regressar à fase anterior
- RF.09 – A solução digital deve permitir o seu uso sem recurso à audição
- RF.10 – A solução digital deve permitir o seu uso sem recurso à visão
- RF.11 – A solução digital deverá conter o módulo de definições para ajustar os parâmetros do tempo de resposta, opção de narração, entre outros

### 3.4 Jornada do utilizador

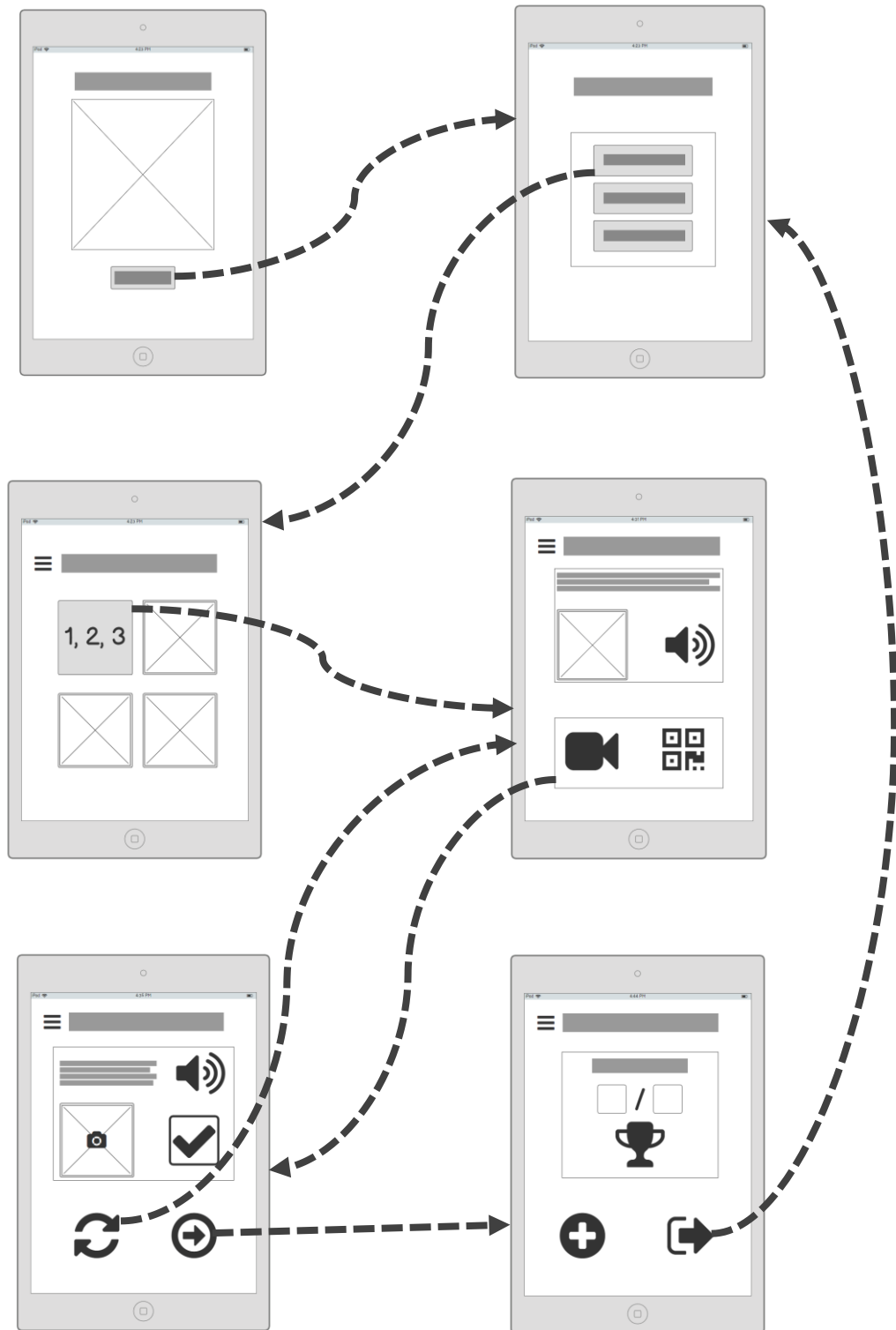
ETAPA / FASE	Iniciar	Selecionar Modo	Jogar			Validar (Output)		Resultados (Análise)	
AÇÕES	Clicar em "Iniciar"	Escolher o modo do jogo - Números	Ouvir o número	Ver o número	Colocar a peça	Receber confirmação	Avançar no jogo	Receber resultados do jogo	
PONTOS CRÍTICOS	Mesa muito alta / baixa	Opções bloqueadas	Não encontra as peças	Não sabe a resposta		Falha na identificação	Possível desistência	Resultados não refletem o desempenho	
EMOÇÕES	Entusiasmada 😊 Curiosa 😊	Entusiasmada 😊 Expectante 😊	Motivada 😊 Frustrada 😞				Contente 😊 Aborrecida 😞	Eufórica 😊 Desiludida 😞	
OPORTUNIDADES			Repetir o áudio após x segundos			Tentar novamente	Mostrar progresso	Novo jogo	Avançar para o próximo nível

### 3.5 Design da Interface

#### Mockups



## Wireframes



### 3.6 Avaliação da acessibilidade

MODALIDADE A ASSEGURAR	Satisfaz	Não
Desempenho funcional		satisfaz
Utilização sem recurso à visão		X (1)
Utilização com baixa visão		X (1)
Utilização sem perceção da cor	X	
Utilização sem audição	X	
Utilização com audição limitada	X	
Utilização sem oralidade	X	
Utilização com manipulação e/ou força limitada		X (2)
Utilização com alcance limitado	X	
Minimizando o potencial desencadeamento de convulsões fotossensíveis	X	
Utilização com disfunção cognitiva	X	
Utilização com privacidade	N/A	
Requisitos genéricos		
Sem rato ou outro dispositivo apontador	X	
Sem teclado	X	
Sem movimentos precisos	X	
Sem necessidade de efetuar ações simultâneas	X	
Sem limitações de tempo de resposta		X (3)
Personalizar comportamento e configuração dos periféricos de entrada com opções de acessibilidade do SO	N/A	
Interação com teclado	N/A	
Interação com leitor de ecrã – saída de áudio (narração)		X (1)
Interação com saída tátil (linha de braille)	N/A	
Interação com programas de ampliação de ecrã	N/A	
Interação com opções de alto contraste do SO	N/A	



Relativamente às modalidades a assegurar, e que atualmente não estão ativas:

X (1) – Embora estivesse inicialmente prevista esta função, ainda não foi possível implementá-la, prevendo-se a gravação prévia de mensagens áudio adequadas às diferentes etapas do jogo, permitindo assim garantir a acessibilidade da solução a crianças com baixa ou nenhuma visão. De referir que as peças a manejar, nomeadamente os números (modo de jogo escolhido para desenvolver parcialmente a solução), são adequados a crianças invisuais dado conterem anotação em braille.

X (2) - Dado tratar-se de uma solução destinada a crianças de idades compreendidas entre os 2 e os 5 anos, pressupõe-se a presença de um adulto que as auxilie, se necessário. No caso concreto da solução e porque esta prevê a manipulação dos objetos, bem como a interação da criança com o jogo no tablet, a ajuda necessária poderá ser garantida com o auxílio do educador que as acompanhe.

X (3) – A limitação do tempo de resposta ocorre como um estímulo à aprendizagem, embora este parâmetro possa ser alterado em função das necessidades da criança no módulo *definições*.

N/A - A aplicação foi desenvolvida para dispositivos móveis pelo que estes já possuem opções de acessibilidade próprias. Para além destas, não foram acrescentadas opções adicionais de acessibilidade.

### 3.7 Avaliação da usabilidade

Para efetuar a avaliação da usabilidade da solução digital foi escolhido o método de Nielsen. Este método mede a qualidade da experiência do utilizador quando interage com um produto ou sistema, dando foco à facilidade de aprendizagem e memorização do utilizador, à utilização eficiente do produto, à frequência e gravidade de erros e à satisfação subjetiva do utilizador.

#### 3.7.1 Guião de usabilidade

1. Para dar início ao jogo, deve clicar em “iniciar”.
2. Aberto o menu principal, deve seleccionar a opção que pretende.
  - a) Se pretender jogar, clique em “Jogar”
  - b) Se pretender alterar as definições do jogo, clique em “Opções”
  - c) Se pretender sair do jogo, clique em “Sair”
3. Caso tenha seleccionado “Jogar”, deve escolher o modo de jogo pretendido, clicando no mesmo
4. Surge no ecrã a primeira de cinco perguntas.
  - a) Escolha o objeto correspondente à imagem
  - b) Aproxime o objeto da câmara
5. Aparece no ecrã o seu resultado
  - a) Se o seu resultado estiver certo, clique em →
  - b) Se o resultado estiver errado, volte a tentar, clicando em ↶
6. Repita os passos 4 e 5 até finalizar o jogo.
7. Visualizará no ecrã o seu resultado final
  - a) Caso queira voltar a jogar clique em “Novo jogo”
  - b) Caso queira sair do jogo, clique em ↗

O jogo foi testado por 7 indivíduos, que posteriormente responderam a um questionário on-line permitindo avaliar a sua usabilidade a partir das respostas dadas.

Seguem-se o questionário efetuado aos participantes após testagem, bem como fotografias da testagem da solução e resultados obtidos relativos ao tempo e aos questionários.

**FunTable4All**

**Questionário de Avaliação de Usabilidade**

**1. Achei a aplicação fácil de usar. \***

- ☐ 1. Discordo Totalmente
- ☐ 2. Discordo
- ☐ 3. Neutro
- ☐ 4. Concordo
- ☐ 5. Concordo Totalmente

**2. Não precisei de conhecimento prévio para jogar. \***

- ☐ 1. Discordo Totalmente
- ☐ 2. Discordo
- ☐ 3. Neutro
- ☐ 4. Concordo
- ☐ 5. Concordo Totalmente

**3. Achei o jogo fácil e claro. \***

- ☐ 1. Discordo Totalmente
- ☐ 2. Discordo
- ☐ 3. Neutro
- ☐ 4. Concordo
- ☐ 5. Concordo Totalmente

**4. Achei a aplicação responsiva e rápida. \***

- ☐ 1. Discordo Totalmente
- ☐ 2. Discordo
- ☐ 3. Neutro
- ☐ 4. Concordo
- ☐ 5. Concordo Totalmente

**5. O uso da câmara foi fácil. \***

- ☐ 1. Discordo Totalmente
- ☐ 2. Discordo
- ☐ 3. Neutro
- ☐ 4. Concordo
- ☐ 5. Concordo Totalmente

**6. Foi fácil manusear as peças. \***

- ☐ 1. Discordo Totalmente
- ☐ 2. Discordo
- ☐ 3. Neutro
- ☐ 4. Concordo
- ☐ 5. Concordo Totalmente

**7. Caso erre uma jogada, consigo corrigir com facilidade. \***

- ☐ 1. Discordo Totalmente
- ☐ 2. Discordo
- ☐ 3. Neutro
- ☐ 4. Concordo
- ☐ 5. Concordo Totalmente

**8. Sabia o que fazer em cada etapa do jogo. \***

- ☐ 1. Discordo Totalmente
- ☐ 2. Discordo
- ☐ 3. Neutro
- ☐ 4. Concordo
- ☐ 5. Concordo Totalmente

**9. Achei o design do jogo simples e atrativo. \***

- ☐ 1. Discordo Totalmente
- ☐ 2. Discordo
- ☐ 3. Neutro
- ☐ 4. Concordo
- ☐ 5. Concordo Totalmente

**10. Imagino que a maioria das pessoas aprenderiam a jogar rapidamente. \***

- ☐ 1. Discordo Totalmente
- ☐ 2. Discordo
- ☐ 3. Neutro
- ☐ 4. Concordo
- ☐ 5. Concordo Totalmente

**11. Gostaria de jogar novamente. \***

- ☐ 1. Discordo Totalmente
- ☐ 2. Discordo
- ☐ 3. Neutro
- ☐ 4. Concordo
- ☐ 5. Concordo Totalmente

Fig.2 – Questionário feito aos participantes após testagem da solução

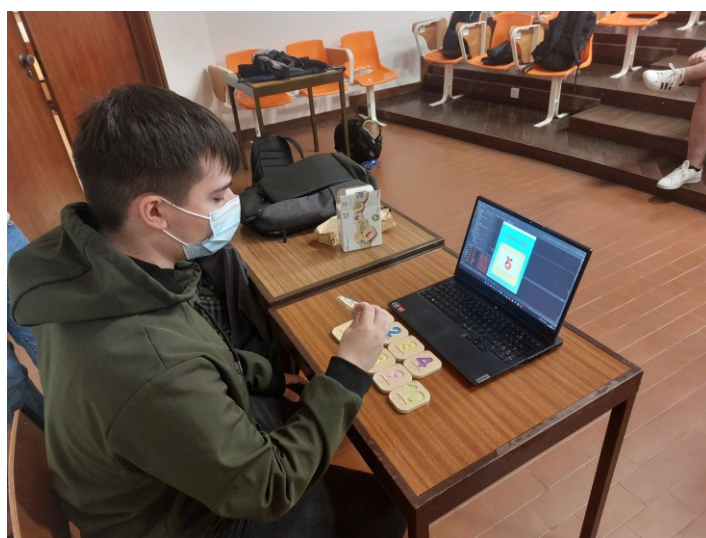


Fig.3 – Testes executados à solução digital pelos participantes

Participante	Duração
1	00:00:50,30
2	00:01:11,02
3	00:00:51,46
4	00:00:53,73
5	00:00:55,38
6	00:01:19,57
7	00:01:06,23
Média	00:01:01,10

Fig.4 – Tempo despendido pelos participantes

#### Questionário de Avaliação de Usabilidade

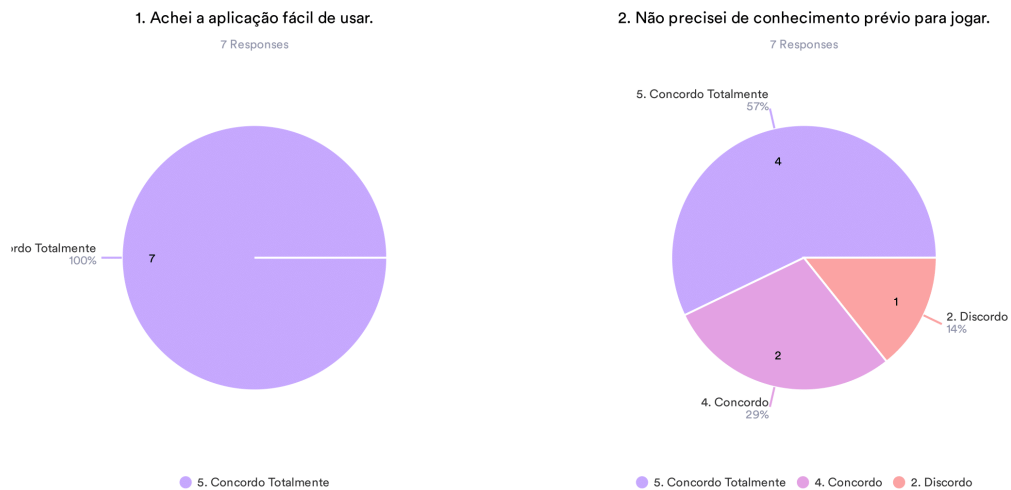


Fig.5 – Análise dos resultados do questionário (perguntas 1 e 2)

## Questionário de Avaliação de Usabilidade

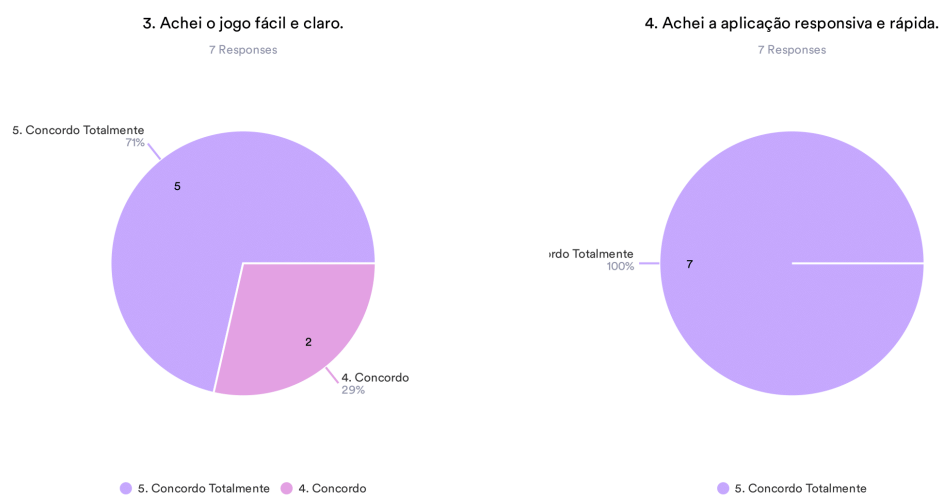


Fig.6 – Análise dos resultados do questionário (perguntas 3 e 4)

## Questionário de Avaliação de Usabilidade

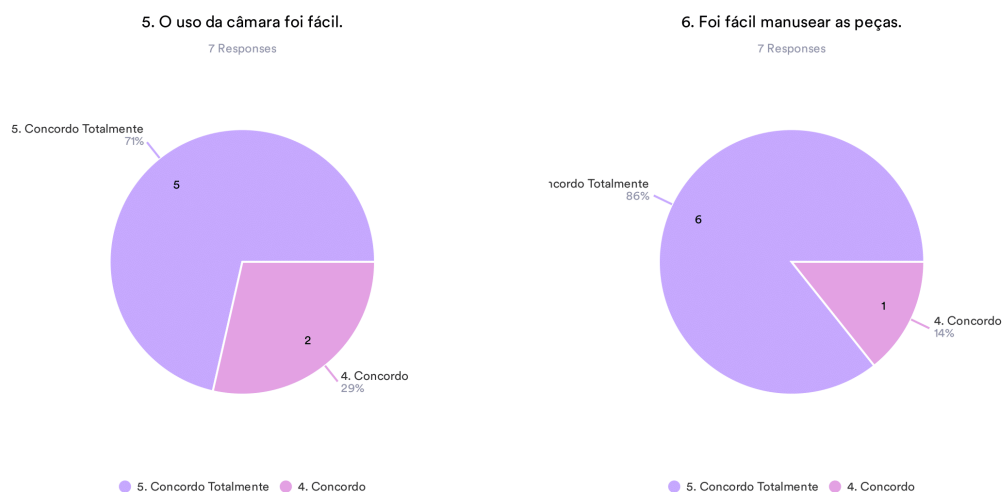


Fig.7 – Análise dos resultados do questionário (perguntas 5 e 6)

## Questionário de Avaliação de Usabilidade

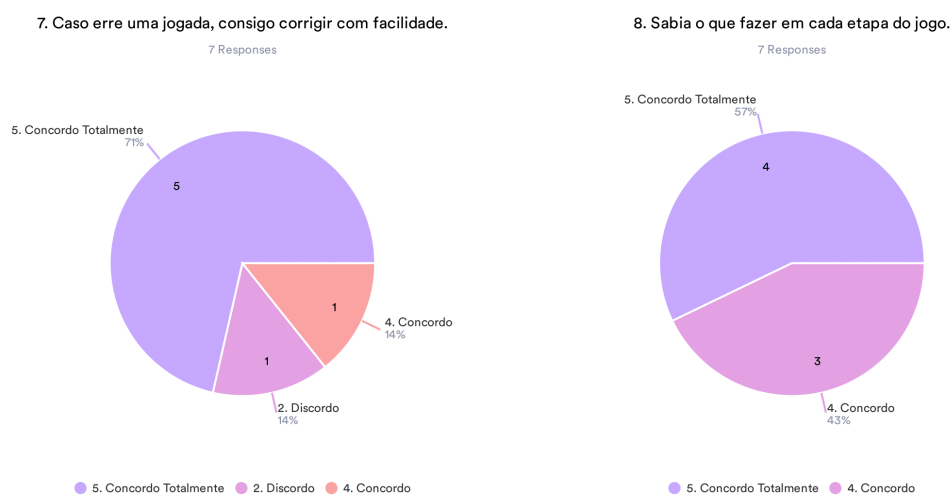


Fig.8 – Análise dos resultados do questionário (perguntas 7 e 8)

## Questionário de Avaliação de Usabilidade

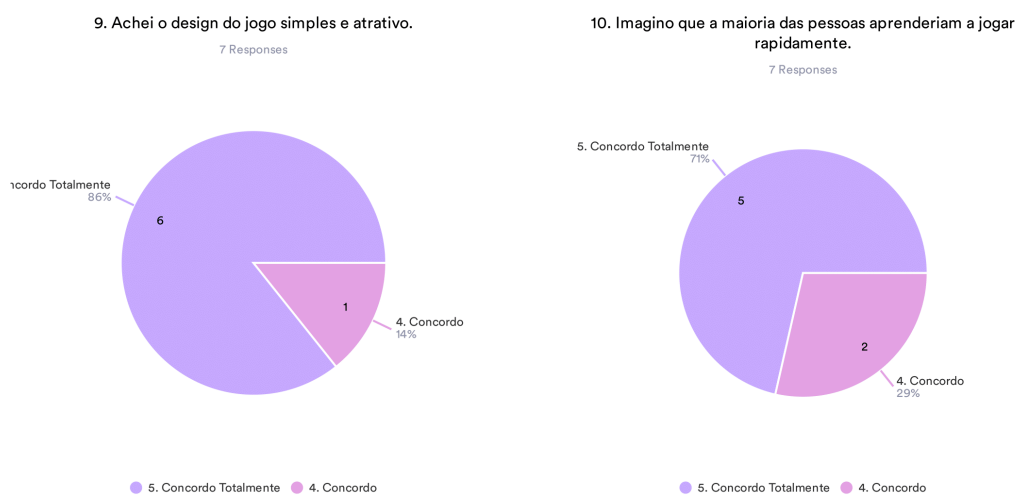


Fig.9– Análise dos resultados do questionário (perguntas 9 e 10)

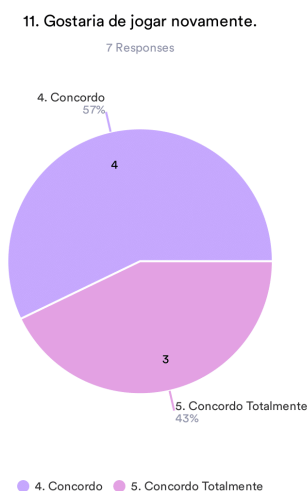


Fig.10– Análise dos resultados do questionário (pergunta 11)

Dado que este método é composto por 10 heurísticas, segue-se uma tabela onde cada uma delas foi verificada, correspondendo à análise dos resultados dos questionários pelos participantes na testagem.

Heurística	Discordo totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo totalmente
Visibilidade do estado do sistema					X
Falar a linguagem do utilizador					X
Facilitar a saída de situações de erro				X	
Ser consistente e seguir normas				X	
Prevenir erros					X
Minimizar esforço cognitivo					X
Flexibilidade e eficiência				X	
Design simples e minimalista					X
Mensagens de erro claras e construtivas				X	
Ajuda e documentação			X		



Sendo a solução digital um jogo lúdico interativo, destinado a crianças entre os 2 e os 5 anos, exibido num tablet, e porque todo o tipo de pormenores visuais foi tido em conta, nomeadamente a simplicidade, o leque de cores, entre outros, crê-se que a usabilidade da solução está garantida, embora se compreenda que seja possível melhorar sempre.

#### 4. CONCLUSÃO

Em modo de conclusão, consideramos a solução desenvolvida satisfatória em termos de usabilidade e acessibilidade, embora a questão da saída de áudio (narração) ainda não esteja implementada, pelo que este requisito é fundamental para garantir a questão da inclusão de crianças com necessidades especiais, nomeadamente, a baixa visão ou ausência da mesma.

Quanto ao protótipo, embora já se disponha dos números em braille e da respetiva base (mesa), apenas se desenvolveu e testou a solução com recurso a fiduciais em formato papel, recorrendo à câmara do portátil.

Consideramos pertinente que este protótipo seja testado em ambiente propício à sua avaliação, nomeadamente numa instituição frequentada por crianças com necessidades especiais, a fim de averiguar quais os pontos a corrigir ou melhorar, podendo observar o grau de satisfação das crianças e anotar sugestões por parte dos educadores.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, M. A. (2010). *Interfaces Persuasivas e Tangíveis*. Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Departamento de Informática. Obtido de <http://hdl.handle.net/10362/5084>
- Antle, A. N. (2007). Designing Tangibles for Children: Games to Think With. *12th International Conference on Intelligent User Interfaces*. Honolulu, Hawaii, USA. doi:10.1145/1216295
- Bekker, T., Schouten, B., & de Graaf, M. (2014). Designing Interactive Tangible Games for Diverse Forms of Play. Em M. C. Angelides, & H. Agius, *Handbook of Digital Games* (pp. 710-729). John Wiley & Sons, Inc.
- Cerezo, E., Coma, T., Blasco-Serrano, A. C., Bonillo, C., Garrido, M. Á., & Baldassarri, S. (2019). Guidelines to Design Tangible Tabletop Activities for Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *International Journal of Human-Computer Studies*, 126, 26-43. doi:10.1016/j.ijhcs.2019.01.002
- Cerezo, E., Marco, J., & Baldassarri, S. (2015). Hybrid Games: Designing Tangible Interfaces for Very Young Children and Children with Special Needs. Em A. Nijholt, *More Playful User Interfaces* (pp. 17-48). Springer.
- Choosri, N., Pookao, C., & Swangtrakul, N. (2017). Tangible Interface Game For Stimulating Child Language Cognitive Skill. *IADIS International Journal*, 15(2), 17-31.
- Cossou, L., Bouchigny, S., Mégard, C., Huguenin, S., & Ammi, M. (2017). A Tangible Visual Accessibility Tool for Interactive Tabletops. *Proceedings of the International Conference on Computer-Human Interaction Research and Applications - CHIRA*. Funchal, Madeira, Portugal: SciTePress. doi:10.5220/0006504401260133
- Li, Y., Fontijn, W., & Markopoulos, P. (2008). A Tangible Tabletop Game Supporting Therapy of Children with Cerebral Palsy. *Proceedings of the 2nd International Conference on Fun and Games*. Eindhoven. The Netherlands: Springer. doi:10.1007/978-3-540-88322-7\_18
- Liang, M., Li, Y., Weber, T., & Hußmann, H. (2021). Tangible Interaction for Children's Creative Learning: A Review. *C&C'21: The 13th Conference on Creativity & Cognition*. Venice, Italy: Association for Computing Machinery. doi:10.1145/3450741.3465262
- Marco, J., Baldassarri, S., & Cerezo, E. (2013). NIKVision: Developing a Tangible Application for and with Children. *Journal of Universal Computer Science*, 19(15), 2266-2291. doi:10.3217/jucs-019-15-2266
- Marco, J., Cerezo, E., & Baldassarri, S. (2009). Evaluating a Tangible Game Video Console for Kids. *Human-Computer Interaction - INTERACT 2009, 12th IFIP TC 13 International Conference*. Uppsala, Sweden: Springer. doi:10.1007/978-3-642-03655-2\_17
- Marco, J., Cerezo, E., Baldassarri, S., & Mazzone, E. (2009). User-oriented design and tangible interaction for kindergarten children. *Proceedings of the 8th International Conference on Interaction Design and Children*. Como, Italy: Association for Computing Machinery. doi:10.1145/1551788.1551825

- Medeiros, D. (2022). Necas209/FunTable4All: FunTable4All v1.0.1 (v1.0.1). *Zenodo*. doi:10.5281/zenodo.6615091
- Mokhtar, M. K., Mohamed, F., Siang, C. V., & Jumaat, N. F. (2020). Tangible Edutainment Games for Kids using Play-Beyond the Screen Concept. *FUSION 2020: National Symposium on Human-Computer Interaction*. Cyberjaya, Malaysia. Obtido de [https://www.researchgate.net/publication/346045600\\_Tangible\\_Edutainment\\_Games\\_for\\_Kids\\_using\\_Play-Beyond\\_the\\_Screen\\_Concept](https://www.researchgate.net/publication/346045600_Tangible_Edutainment_Games_for_Kids_using_Play-Beyond_the_Screen_Concept)
- Oliveira, M., Pereira, A. I., Fernandes, F. P., Pacheco, M. F., & Alves, F. M. (2020). EureKiT em braille – jogo inclusivo para deficientes visuais. *In2CoP 2020 - Conferência Internacional em Processos de Cocriação no Ensino Superior 2020*. Bragança, Portugal: Comissão Organizadora IN2COP 2020. Obtido de <http://hdl.handle.net/10198/22571>
- Pires, A. C., Marichal, S., Gonzalez-Perilli, F., Bakala, E., Fleischer, B., Sansone, G., & Guerreiro, T. (2019). A Tangible Math Game for Visually Impaired Children. *Pittsburgh, PA, USA. The 21st International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility: Association for Computing Machinery*. doi:10.1145/3308561.3354596
- Ramalho, H. J. (2019). *A utilização da mesa interativa por multitoque na sala de aula e o seu impacto na aprendizagem de conteúdos de Astronomia*. Tese de Doutoramento, Universidade da Beira Interior, Ciências Sociais e Humanas, Covilhã. Obtido de <http://hdl.handle.net/10400.6/7159>
- Revelle, G., Zuckerman, O., Druin, A., & Bolas, M. (2005). Tangible User Interfaces for Children. *CHI 2005 Conference on Human Factors in Computing Systems*. Portland, OR, USA: Association for Computing Machinery. doi:10.1145/1056808.1057095
- Suárez, C. O., Marco, J., Baldassarri, S., & Cerezo, E. (2011). Children with Special Needs: Comparing Tactile and Tangible Interaction. *Human-Computer Interaction - INTERACT 2011 - 13th IFIP TC 13 International Conference*. Lisbon, Portugal: Springer. doi:10.1007/978-3-642-23768-3\_66
- Torrey, E. (2016). *Tangible Symbols*. Obtido de Perkins School for the Blind: <https://www.perkinselearning.org/videos/webcast/tangible-symbols>
- van Delden, R., Aarts, P., & van Dijk, B. (2012). Design of Tangible Games for Children Undergoing Occupational and Physical Therapy. *11th International Conference on Entertainment Computing (ICEC)*. Bremen, Germany: Springer. doi:10.1007/978-3-642-33542-6\_19
- Wang, Y. (2014). *Tangible Educational Game for Pre-school Children*. Thesis, University of Alberta, Department of Computing Science. doi:10.7939/R3JD4PW5T
- Xu, D. (2005). Tangible User Interface for Children - An Overview. *Proceedings of the 6th Conference in the Department of Computing*. doi:10.1.1.107.3723