

# **Utilização do Kinect no apoio ao ensino/ aprendizagem dos fundamentos da Matemática**

**Helena Sofia Nunes Araújo**

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia Informática, Área de Especialização em  
Sistemas Gráficos e Multimédia**

**Orientador: Prof. Doutor João Paulo Pereira**

**Co-orientador: Prof. Doutor António Vieira Castro**

**Júri:**

Presidente:

Doutora Maria de Fátima Coutinho Rodrigues

Vogais:

Doutor Filipe De Faria Pacheco Paulo

Doutor João Paulo Jorge Pereira

Doutor António Abel Vieira De Castro

Porto, Outubro 2014



*Aos meus sobrinhos, David e Daniel*



# Resumo

A interação humano-computador passou a desempenhar um papel fundamental no mundo atual. Esta forma de comunicar continua a evoluir, introduzindo novas formas de interação, como por exemplo, a interação natural. Este estilo de interação começou por estar presente na área de jogos. No entanto, atualmente está a ser explorada noutras áreas.

Esta dissertação tem como propósito investigar a utilidade das interfaces naturais encontradas em consolas de jogos e conjugar com a área educativa, nomeadamente, o ensino e a aprendizagem dos fundamentos de Matemática. O desenvolvimento deste projeto baseou-se no estudo dos conteúdos programáticos de Matemática referentes ao 1º ciclo do ensino básico, de várias aplicações já existentes que estão relacionadas com o tema abordado e de alguns dispositivos de interação natural. De forma a avaliar a ideia proposta, foi desenvolvido um protótipo, designado Matemática Interativa, no sentido de permitir ao utilizador enriquecer a aprendizagem e também o interesse pela disciplina.

São descritas, de uma forma mais aprofundada, as funcionalidades do dispositivo escolhido, o Kinect, de modo a tirar proveito das suas potencialidades e desenvolver um motor de reconhecimento de gestos e respetiva avaliação.

Por fim, é feita uma discussão dos resultados de uma avaliação de usabilidade com o objetivo de validar a aplicação Matemática Interativa. Os resultados desta avaliação sugerem que a aplicação foi bem-sucedida e revelam ainda capacidades de melhoria.

**Palavras-chave:** Interfaces Naturais, Kinect, Matemática, Reconhecimento de Gestos



# Abstract

The human-computer interaction now has a key role in the present world. This form of communication continues to evolve, introducing new kinds of interaction, such as the natural interaction. This interaction style started to be present in the field of games. However, it is currently being explored in other fields.

This dissertation aims to investigate the usefulness of natural user interfaces found in video game consoles and to combine them with the educational field, in particularly, teaching and learning of mathematics fundamentals. The development of this project was based on the study of mathematics program contents for the 1<sup>st</sup> cycle of basic education, on the study of several existing applications related to the topic and the study of some natural user interface devices. In order to evaluate the proposed idea, a prototype was developed, designated *Matematica Interativa*, to allow the user to enrich learning and also interest in the subject.

The features of the chosen device, namely Kinect, are also described in a more detailed way in order to take advantage of the device's potential and develop a gesture recognition engine and respective evaluation.

Finally, a discussion of the results of a usability evaluation is carried with the purpose of validating the *Matematica Interativa* application. The results of this evaluation suggest that the application was successful and also show improvement capabilities.

**Keywords:** Natural User Interface, Kinect, Mathematics, Gesture Recognition





# Agradecimentos

Agradeço a todas as pessoas que de alguma forma me apoiaram durante este trabalho e contribuíram para a sua concretização e sucesso.

Primeiro, à minha família mais próxima pelo apoio, incentivo e confiança que sempre me proporcionaram durante este percurso.

Aos meus amigos que sempre me apoiaram, acreditaram em mim e que estiveram presentes nos momentos mais difíceis.

Ao professor e orientador João Paulo Pereira pela disponibilidade que sempre demonstrou, como pelos conselhos importantes e a motivação que me foi dando ao longo da realização deste trabalho. Agradeço também ao professor e co-orientador António Vieira de Castro pela disponibilidade e colaboração.

Por fim, à professora Inês Pereira, ao conselho pedagógico da escola EB1 João de Deus pela oportunidade que me deram para a demonstração do protótipo. Agradeço também a todos os participantes que estiveram presentes na sessão de avaliação de usabilidade, nomeadamente, os professores Fátima Leite, Filipe Carvalho e Sandrina Aguiar e os alunos Beatriz, Miguel, João, Dinis, Guilherme, Tiago, Leonor, Matilde e Francisco.



# Índice

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Objetivos	2
1.2	Especificação de Requisitos	2
1.3	Estrutura da Dissertação	3
<b>2</b>	<b>Estado da Arte</b>	<b>5</b>
2.1	Abordagem Pedagógica	5
2.2	Trabalho Relacionado	8
2.2.1	Aplicações sem NUI	8
2.2.2	Aplicações com NUI	10
2.3	Hardware	13
2.3.1	Kinect	13
2.3.2	Wii	16
2.3.3	PS Move	17
2.3.4	Leap Motion	18
2.3.5	Xtion PRO LIVE	19
2.3.6	Análise Comparativa	19
2.4	Conclusão	20
<b>3</b>	<b>Microsoft Kinect</b>	<b>23</b>
3.1	Rastreo do Esqueleto	23
3.2	Reconhecimento de Gestos	25
3.2.1	Reconhecimento básico de gestos	26
3.2.2	Reconhecimento de gestos através de algoritmo	26
3.2.3	Reconhecimento de gestos baseado no <i>template</i>	27
3.2.4	Reconhecimento de gestos através de rede ponderada	28
3.2.5	Gestos para controlo de elementos	29
3.3	Ferramentas de Desenvolvimento de Software	30
3.3.1	Kinect for Windows SDK	31
3.3.2	OpenNI	31
3.3.3	Microsoft XNA	32
3.4	Conclusão	34
<b>4</b>	<b>Implementação</b>	<b>37</b>
4.1	Metodologia de Desenvolvimento	37
4.2	Descrição do protótipo	40
4.3	Motor de reconhecimento de gestos	46
4.3.1	Reconhecimento de gestos algorítmicos	48
4.3.2	Reconhecimento básico de gestos	50

4.4	Conclusão .....	52
<b>5</b>	<b>Avaliação .....</b>	<b>53</b>
5.1	Avaliação do motor de reconhecimento de gestos .....	53
5.2	Avaliação de usabilidade da aplicação Matemática Interativa .....	56
5.2.1	Procedimento .....	56
5.2.2	Análise dos Resultados .....	57
5.3	Conclusão .....	58
<b>6</b>	<b>Conclusão e Perspetivas de Trabalho Futuro .....</b>	<b>61</b>
6.1	Objetivos Alcançados .....	61
6.2	Limitações e Trabalho Futuro .....	62
6.2.1	Grau de dificuldade .....	62
6.2.2	Abranger outras matérias .....	62
6.2.3	Realização de um tutorial multimédia .....	62
6.2.4	Expansão do uso de interação natural à totalidade da interface .....	63
6.2.5	Alteração ou melhoria de alguns gestos .....	63
6.2.6	Utilização do novo Kinect .....	63
6.2.7	Integração da aplicação com ecrã de grandes dimensões .....	63
6.3	Apreciação Final .....	63
	<b>Referências .....</b>	<b>65</b>
	<b>Anexo A .....</b>	<b>69</b>
	<b>Anexo B .....</b>	<b>73</b>

# Lista de Figuras

Figura 1 - Exemplo de exercícios sobre números na representação fracionária [6].....	7
Figura 2 - Exemplo de exercício sobre números na representação decimal [6].....	7
Figura 3 - Aplicação Fractions para iPad da BrainingCamp [8] .....	8
Figura 4 - Exemplo de questões do 3º ano sobre números decimais, no IXL Math.....	9
Figura 5 - Exemplo de questões do 3º ano sobre geometria, no IXL Math .....	9
Figura 6 - KinectMath.....	10
Figura 7 - Kin-Educate [13].....	11
Figura 8 - Xdigit [14].....	12
Figura 9 - Gestos utilizados no Xdigit, reconhecidos pelo Kinect [14] .....	12
Figura 10 - Jumpido [16] .....	13
Figura 11 - Microsoft Kinect [20] .....	14
Figura 12 - Campo de visão do Kinect [23].....	15
Figura 13 - Componentes do Kinect [17] .....	15
Figura 14 - Nintendo Wii [26].....	16
Figura 15 - Modo de deteção de movimentos da Wii [24] .....	17
Figura 16 - PlayStation Move [29].....	17
Figura 17 - Modo de deteção de movimentos da PlayStation Move [24] .....	18
Figura 18 - Controlador Leap Motion (a) e respectivo esquema (b) [32] .....	19
Figura 19 - Xtion PRO LIVE [34] .....	19
Figura 20 - Representação das articulações reconhecidas pelo Kinect [36].....	24
Figura 21 - Processo de rastreio do esqueleto [17] .....	24
Figura 22 - Representação das articulações num espaço tridimensional [38] .....	25
Figura 23 - Representação do gesto "acenar" .....	26
Figura 24 - Fases que englobam o reconhecimento de gestos baseado no <i>template</i> [38] .....	27
Figura 25 - Rede neuronal para o gesto "saltar" [38] .....	29
Figura 26 - Identificação de um botão com o cursor [38].....	30
Figura 27 - Fluxo para executar ações dos elementos [38] .....	30
Figura 28 - Arquitetura do OpenNI [22] .....	32
Figura 29 - Arquitetura do XNA representada em camadas [44].....	33
Figura 30 - Representação mais detalhada das camadas que constituem a framework XNA [44] .....	33
Figura 31 - Ciclo do jogo [44] .....	34
Figura 32 - Metodologia em cascata (adaptada por Boehm) [46] .....	38
Figura 33 - Metodologia em estrela.....	39
Figura 34 - <i>Storyboard</i> da aplicação Matemática Interativa.....	41
Figura 35 - Cenário com as quatro atividades da Matemática Interativa.....	41
Figura 36 - Atividade "Representação fracionária e decimal" .....	42
Figura 37 - Gestos utilizados para a atividade "Representação fracionária e decimal" .....	42
Figura 38 - Gestos utilizados para a atividade "Maior e Menor" .....	43
Figura 39 - Atividade "Maior e Menor" .....	43

Figura 40 - Atividade "Decomposição" .....	44
Figura 41 - Gestos utilizados na atividade "Soma e Subtração" .....	44
Figura 42 - Atividade "Soma e Subtração" .....	45
Figura 43 - Fotografias tiradas após cada atividade com o respectivo objeto .....	45
Figura 44 - Diagrama de classes do motor de reconhecimento de gestos .....	47
Figura 45 - Fluxograma do reconhecimento de gestos algorítmicos .....	48
Figura 46 - Representação do gesto "Deslizar para a esquerda" .....	49
Figura 47 - Representação do gesto "Deslizar para cima" .....	49
Figura 48 - Representação do gesto "Mover para a direita" .....	50
Figura 49 - Representação do gesto "Maior" .....	51
Figura 50 - Representação do gesto "Menor" .....	51
Figura 51 - Representação do gesto "Braço esquerdo" .....	52
Figura 52 - Representação do gesto "Braço direito" .....	52
Figura 53 - Taxa de reconhecimento dos gestos "Mover para a esquerda" e "Mover para a direita" antes e depois das alterações efetuadas. ....	54
Figura 54 - Taxa de reconhecimento de cada gesto.....	55
Figura 55 - Desvio-padrão de cada gesto .....	55
Figura 56 - Relação entre a percentagem de problemas de usabilidade detetados e o número de participantes da avaliação [48] .....	57

# Lista de Tabelas

Tabela 1 - Comparação entre Kinect, Wii e PS Move.....	20
--	----





# Acrónimos e Símbolos

## Lista de Acrónimos

**API**            *Application Programming Interface*

**HCI**            *Human Computer Interface*

**SDK**            *Software Development Kit*



# 1 Introdução

Nos últimos anos a tecnologia evoluiu de uma forma exponencial, tornando os equipamentos cada vez mais potentes, sofisticados e, simultaneamente, acessíveis. Devido à sua acessibilidade, também se observou um crescimento na aquisição de equipamentos, passando assim a tecnologia a fazer parte da vida quotidiana.

A evolução tecnológica trouxe para a sociedade novos paradigmas relativamente à área da Interação Humano-Computador (*Human-Computer Interaction* - HCI). Atualmente, os progressos nesta área têm permitido o desenvolvimento de Interfaces Naturais (*Natural User Interfaces* - NUI), proporcionando formas intuitivas de interagir com um dispositivo.

Numa interface NUI, a interação entre o utilizador e o sistema é feita através de comandos de voz e gestos produzidos pelo corpo humano. Este tipo de interface tem a particularidade de ser invisível para o utilizador e implica uma aprendizagem simples e rápida por parte deste [1]. Existem diversas aplicações para este tipo de interfaces, sendo a área de jogos a mais utilizada. Contudo, o aparecimento destas interfaces tem motivado investigadores a procurarem outras formas de utilização, como por exemplo, na área da educação, mais concretamente, nas salas de aula.

Os jogos educativos têm sido utilizados nas salas de aula para incentivar a aprendizagem dos alunos, uma vez que estes ficam frequentemente aborrecidos com os métodos tradicionais de ensino. Com a utilização de aplicações NUI, essa aprendizagem pode-se tornar mais imersiva e, consequentemente, tornar-se melhor [2]. As interfaces naturais alteram o comportamento dos alunos face aos dispositivos. Os tradicionais periféricos, tais como o teclado e o rato, são substituídos por sensores que detetam gestos e comandos de voz, o que torna a interação humano-computador mais dinâmica.

O trabalho aqui apresentado pretende contribuir para a área educativa, investigando a utilidade do recurso a novas tecnologias informáticas – nomeadamente as interfaces naturais encontradas nas consolas de jogos - no ensino e na aprendizagem da Matemática do 1º ciclo do ensino básico, mais concretamente, de alguns conteúdos lecionados no 3º ano. Sendo a Matemática uma das disciplinas que apresenta maior dificuldade de aprendizagem, a

abordagem adotada recorre às novas tecnologias na área de multimédia por forma a motivar, desenvolver e potenciar o interesse pela disciplina e conseqüentemente, contribuir para o incremento da taxa de sucesso na aprendizagem.

## **1.1 Objetivos**

O objetivo deste trabalho consiste em recorrer às potencialidades do sensor Kinect, um dispositivo de interação natural baseado em sensores de movimentos, utilizado como interface de controlo da consola Xbox 360 e para Windows [3], e criar uma ferramenta de apoio ao ensino da Matemática do 3º ano da escolaridade básica. Desta forma, os alunos interagem com a ferramenta através de movimentos e gestos, com o propósito de aumentar a motivação pela aprendizagem.

Numa fase inicial, foi importante realizar uma pesquisa bibliográfica referente aos conteúdos programáticos da disciplina de Matemática do 1º ciclo do ensino básico e de aplicações de apoio à aprendizagem já existentes. Além disso, foi necessário estudar os dispositivos NUI disponíveis no mercado, de modo a compreender qual o que melhor se adequa ao desenvolvimento da solução proposta. Tendo sido o Kinect o dispositivo escolhido, foi estudado o seu funcionamento, permitindo o conhecimento de todas as potencialidades, e qual a forma de retirar o maior partido desta tecnologia.

O trabalho desenvolvido foi, de uma forma sucinta, constituído pelos seguintes objetivos. O primeiro consistiu no levantamento do Estado da Arte no que se refere aos conteúdos programáticos de Matemática do 1º ciclo do ensino básico, a aplicações existentes relacionadas com o tema, passando também pela análise de alguns dos dispositivos NUI existentes no mercado. Posteriormente, desenvolveu-se um protótipo com o objetivo de dar apoio ao ensino de conteúdos de Matemática. Por último e não menos importante, foi necessário avaliar a eficácia e usabilidade do protótipo concebido.

## **1.2 Especificação de Requisitos**

No decorrer deste projeto foram definidos alguns requisitos essenciais para o desenvolvimento do protótipo. Primeiro, foi necessário definir qual dos quatro anos escolares do 1º ciclo seria o ideal para ser aplicado e o subconjunto de conteúdos sobre o qual a aplicação deveria incidir. Foi escolhido o 3º ano por ser um ano de transição mais complicado em relação aos restantes, e os conteúdos referentes aos números racionais não negativos, visto ser uma matéria fundamental nesse ano escolar. Desta forma, o subconjunto escolhido foi dividido em quatro atividades: representação fracionária e decimal, comparar e ordenar números representados na forma decimal, decomposição e adição e subtração.

Um outro requisito consistia em estipular quais os gestos que seriam implementados, tendo em atenção que estes seriam realizados por crianças e, por isso, não poderiam ser demasiado

complexos. Além disso, era preciso ter em conta a complexidade de cada gesto no que se refere à sua implementação. Outro fator importante seria conjugar as atividades definidas anteriormente com os gestos implementados, de modo a que existisse uma lógica entre as ações do utilizador e o propósito da atividade.

Por fim, sendo a solução aqui proposta essencialmente direcionada para crianças com idades entre os 8 e 9 anos, seria fundamental apresentar uma interface simples, carismática e intuitiva. Para além disso, seria interessante existir uma “recompensa” no final de cada atividade, de modo a estimular ainda mais o interesse por parte dos alunos. Neste sentido, no fim de cada atividade, o utilizador tem a opção de tirar uma fotografia, na qual aparece, no final, com um objeto alusivo ao tema da atividade. Também são apresentadas as 10 melhores pontuações obtidas em cada atividade.

### **1.3 Estrutura da Dissertação**

A organização desta dissertação está dividida em seis capítulos, servindo este primeiro para introduzir o tema proposto, bem como a motivação para a realização deste projeto. Além disso, são apresentados os objetivos e os requisitos para a execução deste trabalho.

O segundo capítulo é dedicado ao levantamento do estado da arte relativamente aos conteúdos programáticos de Matemática no 1º ciclo do ensino básico. Também são apresentadas algumas aplicações de apoio ao ensino de conteúdos de Matemática. Para finalizar este capítulo, são apresentados os dispositivos de interação natural, sendo descritas as suas características e funcionamento.

No terceiro capítulo, é apresentado o funcionamento do sensor Kinect de uma forma mais detalhada, abordando aspetos que se encontram diretamente relacionados com o âmbito deste projeto. É também efetuado um estudo de ferramentas de desenvolvimento que podem ser utilizadas para interagir com o sensor.

O quarto capítulo apresenta a implementação do protótipo desenvolvido. Inicialmente é realizada uma descrição sobre a metodologia de desenvolvimento adotada para este projeto. De seguida é feita uma apresentação do jogo implementado, descrevendo as suas características e funcionalidades. Segue-se também uma descrição detalhada do motor de reconhecimento de gestos desenvolvido.

No quinto capítulo são apresentados e discutidos os resultados da avaliação do motor de reconhecimento de gestos, no que se refere à sua eficácia e eficiência. É também descrita a avaliação da usabilidade do protótipo desenvolvido e os respetivos resultados por parte dos participantes envolvidos na avaliação.

Por último, no sexto capítulo, são apresentadas as conclusões inerentes ao trabalho realizado, assim como as limitações e propostas de melhoria e trabalho futuro.



## 2 Estado da Arte

Este capítulo apresenta o estudo preliminar realizado tendo por objetivo desenvolver e aprofundar as competências e os conhecimentos necessários para o desenvolvimento e fundamentação da ideia proposta.

Inicialmente é feita uma abordagem pedagógica que descreve, de uma forma geral, os conteúdos programáticos de Matemática referentes ao 1º ciclo do ensino básico. De seguida, são apresentadas aplicações existentes relacionadas com o tema abordado, sendo estas categorizadas pelo tipo de interface, isto é, aplicações sem NUI e com NUI. Posteriormente, são descritos alguns dos dispositivos NUI existentes no mercado, realizando uma breve comparação entre eles.

### 2.1 Abordagem Pedagógica

*“A Matemática é uma das ciências mais antigas e é igualmente das mais antigas disciplinas escolares, tendo sempre ocupado, ao longo dos tempos, um lugar de relevo no currículo. A Matemática não é uma ciência sobre o mundo, natural ou social, no sentido em que o são algumas das outras ciências, mas sim uma ciência que lida com objetos e relações abstratas. É, para além disso, uma linguagem que nos permite elaborar uma compreensão e representação desse mundo, e um instrumento que proporciona formas de agir sobre ele para resolver problemas que se nos deparam e de prever e controlar os resultados da ação que realizarmos.”*  
[4]

O ensino básico compreende três ciclos, sendo que o primeiro engloba os quatro primeiros anos escolares, o segundo ciclo abrange o quinto e sexto ano e o terceiro, o sétimo ao nono ano escolar. O ensino da Matemática adota uma estrutura curricular sequencial e progressiva, de modo a considerar que a aprendizagem de determinados conhecimentos depende de outros a alcançar e a desenvolver previamente.

Ao longo dos três ciclos da escolaridade básica, devem ser atingidas as seguintes finalidades para o ensino da Matemática:

- A estruturação do pensamento – compreensão de conceitos matemáticos e da capacidade de os utilizar na análise, interpretação e resolução de situações em contexto matemático e não matemático contribui para a capacidade de raciocínio e de argumentação;
- A análise do mundo natural – o conhecimento de determinados conceitos matemáticos é fundamental para outras disciplinas do ensino básico, tais como, física, química e ciências;
- A interpretação da sociedade – capacidade de reconhecer a finalidade da Matemática na sociedade e em particular no desenvolvimento tecnológico e científico.

É também importante, desenvolver atitudes positivas e interesses em relação à Matemática desde o 1º ciclo.

Em cada ciclo, os conteúdos estão organizados por domínios, sendo que os do 1º ciclo são: Geometria, Números e Operações e Organização e Tratamento de Dados. Neste ciclo, os conteúdos são apresentados progressivamente, iniciando-se por uma fase concreta até a uma fase mais abstrata.

O domínio da Geometria inicia-se pelo reconhecimento visual de objetos e de conceitos elementares, tais como pontos, retas, paralelismo e perpendicularidade, passando para conceitos mais complexos, tais como os polígonos e sólidos. Além disso, é desenvolvido o sentido espacial que tem por base a visualização e compreensão de figuras geométricas no plano e no espaço. A perceção dos conceitos de grandeza e medida constituem também conceitos essenciais neste domínio.

Relativamente ao domínio de Números e Operações, o seu propósito consiste em desenvolver a compreensão de números e das operações, assim como a capacidade de cálculo mental e escrito e utilizar estes conceitos para resolver problemas. São apresentadas as quatro operações aritméticas sobre os números naturais, sendo a adição e a subtração abordadas logo no 1º ano e as restantes no ano seguinte. A aprendizagem do sistema de numeração decimal desenvolve-se gradualmente ao longo dos quatro anos. São propostas diversas atividades apropriadas para o desenvolvimento do cálculo mental. Os números racionais positivos são introduzidos a partir do 3º ano, recorrendo a modelos geométricos para a representação de frações e números decimais. A introdução do estudo das frações constitui um tópico fulcral do 1º ciclo.

Quanto à Organização e Tratamento de Dados, neste domínio são estudados métodos que envolvam a recolha, organização de dados em contextos variados relacionados com o quotidiano e representá-los na forma de tabelas e gráficos [5].

A aprendizagem de números racionais positivos inicia-se no 3º ano do 1º ciclo, abordando a representação fracionária e a representação decimal até à milésima. Esta compreensão é



aprofundada no 2º ciclo e, por isso, a iniciação deste estudo no 1º ciclo constitui um tema muito importante [4]. O primeiro objetivo consiste em compreender frações com os significados quociente, parte-todo e operador. A Figura 1 ilustra dois exemplos de exercícios para ajudar à compreensão destes conceitos, utilizando figuras geométricas divididas em partes.

3 Escreve a fracção que representa a parte pintada de cada figura.

A B C D

4 Copia (ou decalca) no teu caderno e pinta a parte da figura correspondente à fracção indicada.

$\frac{3}{4}$   $\frac{2}{5}$   $\frac{5}{9}$   $\frac{3}{8}$

Figura 1 - Exemplo de exercícios sobre números na representação fracionária [6]

Após a aprendizagem dos números na representação fracionária, o próximo objetivo compreende em ler e escrever números na representação decimal (até à milésima). Além disso é importante relacionar dezena, centena, milhar, décima, centésima e milésima com a unidade e entre si, tal como é apresentado na Figura 2.

2 Observa.

Centenas	Dezenas	Unidades	Décimas	Centésimas
C	D	U	d	c
		7	2	5

7,25

A parte inteira é 7 (sete unidades).  
A parte decimal é 0,25 (vinte e cinco centésimas).

Copia a grelha para o teu caderno e completa.

Números	Centenas	Dezenas	Unidades	Décimas	Centésimas
	C	D	U	d	c
2,18			2	1	8
6,32			6	3	2
15,27		1	5	2	7

2,18 Parte inteira: ...  
Parte decimal: ...

6,32 ...

15,27 ...

Figura 2 - Exemplo de exercício sobre números na representação decimal [6]

Posteriormente, o plano de estudo abrange a adição e subtração com números racionais positivos na representação decimal. Também são estabelecidas relações de ordem entre números representados na forma decimal utilizando a simbologia ">" e "<". O último objetivo consiste em compreender que com a multiplicação (divisão) de um número por 0,1, 0,01 e

0,001 se obtém o mesmo resultado do que, respetivamente, com a divisão (multiplicação) desse número por 10, 100 e 1000 [6].

## 2.2 Trabalho Relacionado

Nesta secção são apresentadas algumas aplicações existentes relacionadas com o tema abordado e de interesse para o desenvolvimento deste projeto. As duas primeiras aplicações tratam-se de aplicações sem NUI e as restantes com NUI. Esta investigação permitiu compreender em que situação se encontra o enquadramento da multimédia no ensino dos fundamentos da matemática.

### 2.2.1 Aplicações sem NUI

#### 2.2.1.1 Brainingcamp

O Brainingcamp [7] é um *software online*, que utiliza modelos visuais e interativos para ajudar os alunos a compreenderem melhor os conceitos de matemática. Este programa está disponível para PC, Mac e iPad e fornece conteúdos matemáticos *online* para professores e alunos.

Os problemas propostos na aplicação desafiam os estudantes a resolver situações de matemática do mundo real. O Brainingcamp contém um conjunto de lições com gráficos e animações que facilitam a visualização de conceitos.

A Figura 3 apresenta uma aplicação para iPad, Fractions, como exemplo de uma lição. O objetivo é aprender o conceito de frações através de questões práticas, modelos visuais e desafios interativos.

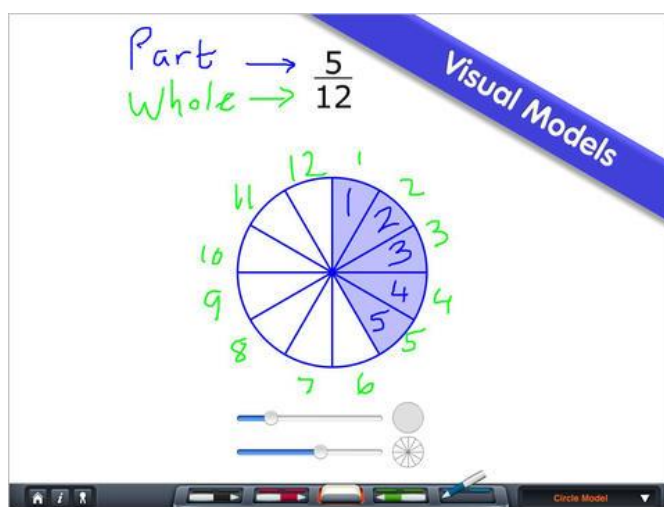


Figura 3 - Aplicação Fractions para iPad da BrainingCamp [8]

### 2.2.1.2 IXL Math

Desenvolvido pela IXL Learning, o IXL Math [9] é uma aplicação *web* com conteúdos de matemática desde o ensino pré-escolar até ao 11º ano. Esta aplicação reúne diversas atividades divididas por nível de ensino, abrangendo toda a matéria de cada ano letivo.

O IXL Math oferece uma grande quantidade de representações visuais, problemas, atividades interativas, entre outros. A abordagem multidimensional para a aprendizagem mantém os alunos focados e incentiva a aplicar os conceitos matemáticos em situações reais.

Cada ano escolar contém os respetivos conteúdos divididos por categorias. Cada categoria é constituída por um grupo de questões, que aumentam o grau de dificuldade cada vez que o aluno responde corretamente. Caso o aluno não acerte na resposta, perde pontos e é apresentada a resposta correta e a devida solução. A Figura 4 apresenta exemplos de questões relativamente à categoria de Números decimais, do 3º ano.

Grade 3 > T.2 Convert between decimals and fractions | Grade 3 > T.7 Add and subtract decimals

Write  $\frac{43}{100}$  as a decimal number.

Add.

$$\begin{array}{r} 1.5 \\ + 7.9 \\ \hline \end{array}$$
  

Figura 4 - Exemplo de questões do 3º ano sobre números decimais, no IXL Math

A Figura 5 apresenta questões sobre a categoria de Geometria, também do 3º ano.

Grade 3 > N.2 Count and compare sides, edges, faces and vertices | Grade 3 > N.6 Area

How many vertices does this figure have?

4  
 6  
 7  
 8

The shape is made out of unit squares. What is the area?

square units

Figura 5 - Exemplo de questões do 3º ano sobre geometria, no IXL Math

As questões da categoria escolhida terminam quando o aluno chega aos 100 pontos. No final é apresentado o tempo que demorou a responder e o número de respostas corretas.

Além disso, a aplicação acompanha o progresso da turma e de cada aluno, de forma a ter uma visão geral das competências já praticadas e quais os pontos com maior dificuldade.

## 2.2.2 Aplicações com NUI

### 2.2.2.1 KinectEducation

O KinectEducation [10] trata-se de uma comunidade educativa que envolve desenvolvedores, professores e alunos para promover a utilização do Kinect nas salas de aula, com o intuito de criar um modelo de aprendizagem dinâmico e inovador.

Esta comunidade aproveita as capacidades do Kinect para desenvolver várias aplicações educativas para diferentes áreas, desde ciências, matemática, história até música e artes. Uma das aplicações é o KinectMath [11], apresentado na Figura 6, desenvolvido pela Universidade de Washington Bothell, e serve para auxiliar os alunos na aprendizagem da Matemática, no ensino secundário. Esta aplicação aborda conteúdos de geometria e funções e oferece uma abordagem mais interativa, utilizando a aprendizagem através de movimentos, ao contrário da abordagem tradicional. Desta forma, o aluno interage e manipula as funções e formas geométricas através de movimentos, tornando a aprendizagem mais interessante e mais prática.

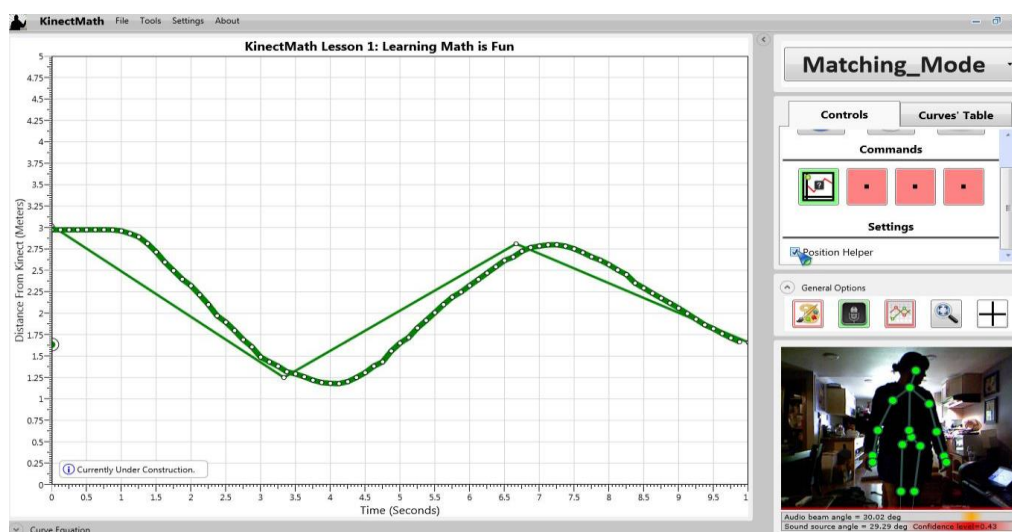


Figura 6 - KinectMath

A aplicação tem os seguintes modos: o Modo *Tracking*, onde o utilizador se movimenta para a frente e para trás para desenhar o gráfico e o Kinect deteta a sua distância, velocidade e aceleração. Com o Modo *Editing*, o utilizador manipula funções lineares e quadráticas, através de gestos, alterando as suas propriedades, tais como a inclinação, e observar essas alterações no gráfico e na equação em tempo real. O Modo *Matching* é semelhante ao *Tracking*, com a diferença de permitir adicionar uma linha no gráfico com o objetivo de o utilizador igualar através dos movimentos. O Modo *Birdseye* permite criar figuras geométricas e executar três tipos de transformações: translação, rotação e alterar a escala. Estas manipulações são

efetuadas através de movimentos, sendo que o plano do movimento é o chão. Outro modo semelhante a este é o *Geometry*, com algumas diferenças: o plano de movimento consiste num espaço imaginário em frente ao utilizador e as transformações são manipuladas com os braços [12].

#### 2.2.2.2 Kin-Educate

O Kin-Educate [13] trata-se de um jogo educativo com a utilização do Kinect e é constituído por dois minijogos: um de ortografia e outro de matemática. No minijogo de ortografia pretende-se que o jogador coloque as letras, que são previamente baralhadas, na ordem correta de modo a formar uma palavra. O minijogo de matemática, apresentado na Figura 7, foca-se na aritmética mental, isto é, são gerados cálculos aritméticos e o jogador tem de dizer o resultado correto. A resposta é interpretada através do reconhecimento da fala, que está incorporado no jogo.



Figura 7 - Kin-Educate [13]

#### 2.2.2.3 Xdigit

Desenvolvido em 2012 por três estudantes da Entertainment Technology Center, o Xdigit [14], apresentado na Figura 8, é um jogo temático de matemática que utiliza o Kinect, cujo objetivo consiste em combinar números através de operações aritméticas para coincidir com o número alvo antes do tempo terminar.

O jogo tem vários níveis de dificuldade de modo a proporcionar mais desafios e também aumentar a complexidade aritmética.

O tema do Xdigit é o espaço, no qual o jogador encontra vários meteoros que mostram o número alvo. Inicialmente é apresentado um número dado pela equação aritmética, e o jogador tem de escolher um algarismo e combiná-lo com o número dado através de um operador (+, - ou x) para corresponder ao número alvo. Caso tenha sucesso, o meteoro é destruído e o jogador ganha pontos consoante o tempo restante.

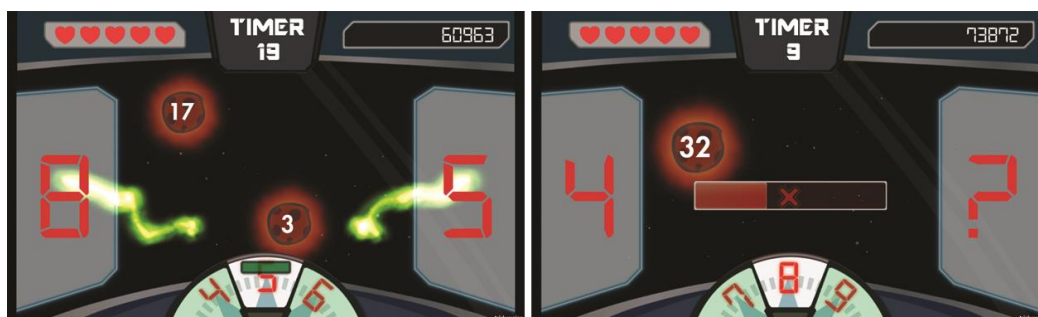


Figura 8 - Xdigit [14]

A escolha do número e do operador é feita através de gestos facilmente memorizados, como se pode ver na Figura 9.

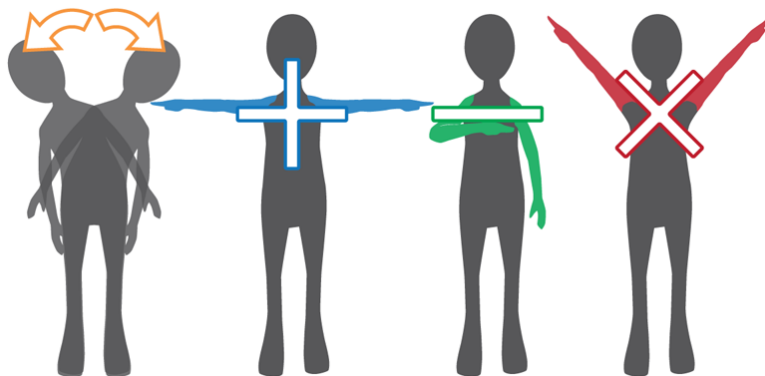


Figura 9 - Gestos utilizados no Xdigit, reconhecidos pelo Kinect [14]

O primeiro gesto consiste em inclinar o corpo para a direita ou esquerda, de modo a girar a roda dos números. O segundo gesto, além de corresponder à operação de adição, também é usado como gesto de confirmação nos restantes painéis do jogo. O terceiro e o último gesto correspondem ao operador de subtração e de multiplicação respetivamente.

O Xdigit utilizou o Unity<sup>1</sup> [15] como motor de jogo e o Microsoft Kinect SDK para o rastreamento do corpo e dos gestos.

#### 2.2.2.4 Jumpido

Em Maio de 2013, a empresa Nímero desenvolveu uma aplicação educativa, designada Jumpido [16], para proporcionar experiências educativas extraordinárias. Esta aplicação consiste num jogo que combina o ensino do 1º ciclo de matemática com interfaces NUI. A interação da aplicação com o utilizador é feita através do sensor Kinect.

O Jumpido envolve várias atividades, desde arrebentar balões a jogar futebol, de forma a resolver problemas de matemática.

<sup>1</sup> Motor de desenvolvimento de jogos 2D e 3D e conteúdos interativos.

A Figura 10 apresenta uma atividade que pode ser jogada por duas pessoas e consiste no seguinte: cada ouriço traz um problema, cuja solução está numa das três casas. Os jogadores têm de trabalhar em conjunto, de modo a que o problema matemático vá de encontro à solução. Para tal, um jogador utiliza o braço esquerdo para mover uma rampa para cima e para baixo. Assim que o ouriço se encontrar no meio da ponte, o outro jogador utiliza o braço direito para mover a outra rampa, utilizando os mesmos gestos.



Figura 10 - Jumpido [16]

A maior parte das atividades consistem em operações matemáticas, abordadas de maneiras diferentes. Para além disso, também existem atividades para avaliar as sequências de números.

## 2.3 Hardware

Esta secção apresenta os principais dispositivos NUI que existem atualmente, descrevendo as suas características e o modo de funcionamento de cada um. Por fim, é feita uma análise de comparação dos diferentes dispositivos.

### 2.3.1 Kinect

O Kinect é um sensor de movimento, apresentado em Novembro de 2010, para a consola Xbox 360 e para o sistema operativo Windows, que veio revolucionar a área da computação e da multimédia [17]. Desenvolvido pela Microsoft, em parceria com a PrimeSense [18], o Kinect permite ao utilizador interagir com o ambiente gráfico de uma forma inovadora, através de movimentos corporais, gestos e voz [17] [1].

O impacto do Kinect expandiu-se para além da área dos jogos. Atualmente é utilizado na investigação nas áreas da ciência da computação, engenharia, robótica e saúde, devido à sua tecnologia avançada e baixo custo.

Este dispositivo, ilustrado na Figura 11, é composto por uma câmara RGB, um conjunto de 4 microfones para aplicações que envolvam o reconhecimento da fala, dois sensores infravermelhos e um motor *tilt* que controla o ângulo de inclinação do Kinect [19].



Figura 11 - Microsoft Kinect [20]

O sensor de profundidade, desenvolvido pela PrimeSense, é constituído por um projetor de luz infravermelha e uma câmara de infravermelhos. Para medir a profundidade, o sensor utiliza o método de luz estruturada. O feixe de luz emitido pelo projetor é passado por uma grade de difração, que faz com que a luz emitida se transforme em pequenos pontos, de forma a criar um padrão constante de pontos. Este padrão é captado pela câmara infravermelha e está correlacionado com um padrão de referência, que é obtido através da captura de um plano, a uma distância conhecida a partir do sensor e armazenado na memória deste [17] [21]. Através da triangulação entre a câmara, o projetor e o padrão de pontos emitidos por este, pode-se coincidir um ponto observado numa imagem com um ponto no padrão do projetor e, desta forma torna-se possível construir objetos tridimensionais [17].

O valor da profundidade é definido numa escala de tons cinzentos, sendo que quanto mais escuro for o píxel, mais próximo está do sensor. Alguns locais podem aparecer a preto, devido à inexistência de valores de profundidade. Isto ocorre pelo facto de os pontos estarem demasiado longe ou demasiado próximos do sensor, uma vez que o Kinect apresenta limitações no seu campo de visão. Também pode acontecer por estarem numa sombra e não estarem ao alcance do projetor de infravermelhos ou ainda, pelo facto do local não refletir convenientemente a luz infravermelha [17].

A câmara de infravermelhos captura imagens com uma resolução de 1200 x 960 píxeis a 30 fotogramas por segundo, que são reduzidas para uma resolução de 640 x 480 píxeis com 11 bits [22].

Como já mencionado anteriormente, o campo de visão do sensor é limitado: tem um alcance de 58 graus horizontais e 45 graus verticais. Além disso, o limite de profundidade compreende medidas entre os 0.8 e os 3.5 metros, como é ilustrado na Figura 12 [22].



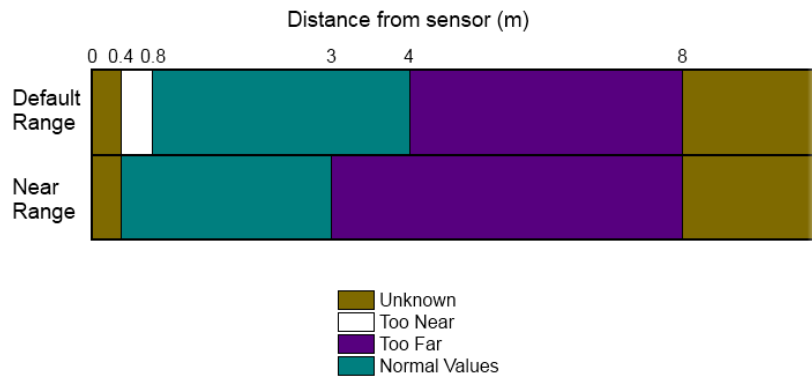


Figura 12 - Campo de visão do Kinect [23]

A câmara RGB consegue captar imagens com uma resolução de 640x480 píxeis a 30 fotografamas por segundo. No entanto, também fornece imagens de alta resolução até 1280x1084 píxeis a 10 fotografamas por segundo [22]. Na Figura 13 apresenta-se uma imagem da posição dos componentes no aparelho.

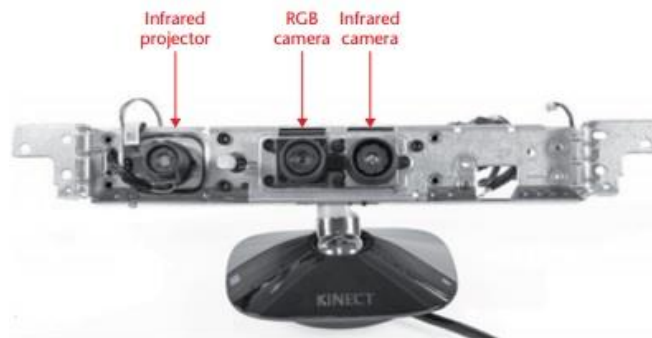


Figura 13 - Componentes do Kinect [17]

O conjunto de microfones permite gravar áudio, obter a localização da fonte sonora e a direção da onda de áudio. Além disso, inclui cancelamento de eco e supressão de ruído [19].

Existem ainda o motor e o acelerómetro, que trabalham em conjunto. O motor controla a inclinação do dispositivo entre -27 e + 27 graus. O acelerómetro com 3 eixos, configurado para uma variação 2G, em que G representa a aceleração provocada pela força da gravidade, permite determinar a orientação do Kinect [19].

O Kinect tem grandes vantagens em relação a outras interfaces que utilizam controladores de movimento, visto que o sistema reconhece vários movimentos do utilizador e não necessita de um comando. Além disso, fornece dados suficientes para criar um ambiente de realidade virtual, permitindo aos utilizadores interagirem com objetos virtuais [24].

### 2.3.2 Wii

Em 2006, a empresa Nintendo lançou a Wii [25], uma consola equipada com um controlador e um sensor, representada na Figura 14, que abrange um grande público-alvo, devido à sua interface simples e sistema de interação com o utilizador.



Figura 14 - Nintendo Wii [26]

O controlador, designado Wii Remote, utiliza um *chip* ADXL330, que controla três acelerómetros em simultâneo, de modo a detetar a direção e intensidade de acelerações provocadas por movimentos no espaço [24]. Para além disso, é constituído por uma série de botões, um pequeno altifalante, um motor que permite fazer vibrar o dispositivo e uma porta para conectar periféricos [25].

Em 2009, foi lançada a Wii MotionPlus, uma nova versão da Wii com uma expansão para o Wii Remote, que permite detetar os movimentos com mais precisão, inclusive rotações do controlador, utilizando sensores de giroscópios [24].

O sensor, designado Sensor Bar, é um dispositivo com cinco luzes infravermelhas em cada extremo. O controlador, através de uma câmara de infravermelhos, deteta as luzes do sensor e determina a distância  $d$  entre estes na imagem captada. A distância entre o Wii Remote e o Sensor Bar pode ser determinada, através de triangulação, usando a distância  $D$  entre as luzes do Sensor Bar e a imagem captada, como é ilustrado na Figura 15 [24].

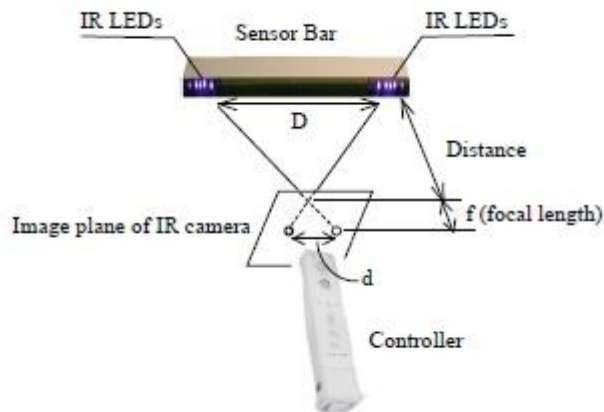


Figura 15 - Modo de detecção de movimentos da Wii [24]

A Wii dispõe de um SDK de *open source*, a WiimoteLib [27], que permite o desenvolvimento e distribuição de aplicações que utilizam o controlador. Uma vez que utiliza Bluetooth para comunicar com a Wii, o controlador pode ser ligado e utilizado por qualquer dispositivo com Bluetooth [24].

### 2.3.3 PS Move

A PlayStation Move [28], lançada em 2010 pela Sony, é uma combinação da PlayStation 3, da câmara PlayStation Eye e do controlador de movimento PlayStation Move, apresentados na Figura 16.



Figura 16 - PlayStation Move [29]

A PlayStation Eye consiste numa câmara RGB com uma resolução de 640 por 480 píxeis, a uma frequência de 60Hz e um conjunto de microfones integrados que permitem a localização espacial de sons e supressão de efeitos de eco e ruído de fundo [30]. Possui uma lente grande

angular, que pode ser definida por dois campos de visão: o *close-up*, que pode capturar um ângulo de visão de 56 graus, e o panorâmico, que pode capturar um ângulo de 75 graus [31].

O controlador de movimento proporciona um jogo de forma imersiva, combinando sensores avançados de movimento, uma esfera com mudança de cor dinâmica, *feedback* de vibração e um conjunto de botões simples de usar. A esfera luminosa do controlador dá à câmara uma referência visual dos movimentos e da posição do jogador, através dos vários LEDs, como se pode observar na Figura 17. Esse acompanhamento é traduzido, com precisão absoluta, em *gameplay*. Os sensores (um acelerómetro de três eixos, um sensor magnético e um sensor de velocidade angular), assim como o conjunto de botões são um complemento, de forma a melhorar a precisão na obtenção das coordenadas tridimensionais [31].

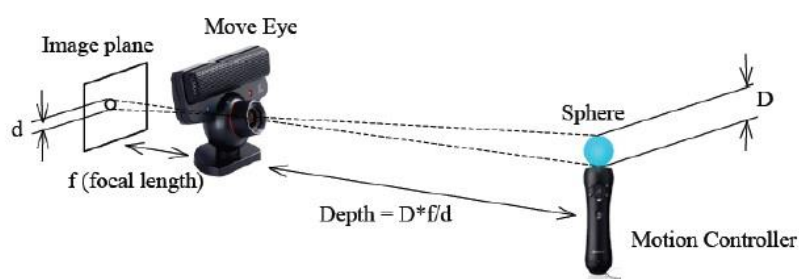


Figura 17 - Modo de detecção de movimentos da PlayStation Move [24]

Além disso, a PlayStation Move tem um controlador secundário, Navigation Controller que, apesar de não ter sensores de movimento, auxilia na jogabilidade.

Tanto o controlador como a câmara são exclusivos da PlayStation 3 e, por isso não podem ser usados com outros sistemas.

### 2.3.4 Leap Motion

A Leap Motion lançou, em Julho de 2013, o Leap Motion Controller, um sensor de profundidade para o computador, que permite detetar e controlar gestos das mãos num espaço tridimensional.

A Figura 18 apresenta uma vista esquemática da configuração de *hardware* do dispositivo. Está equipado com três emissores de infravermelho e duas câmaras, também de infravermelho, que analisam todos os movimentos das mãos num raio de 1 metro, com uma precisão de, aproximadamente, 0,01 mm [32].

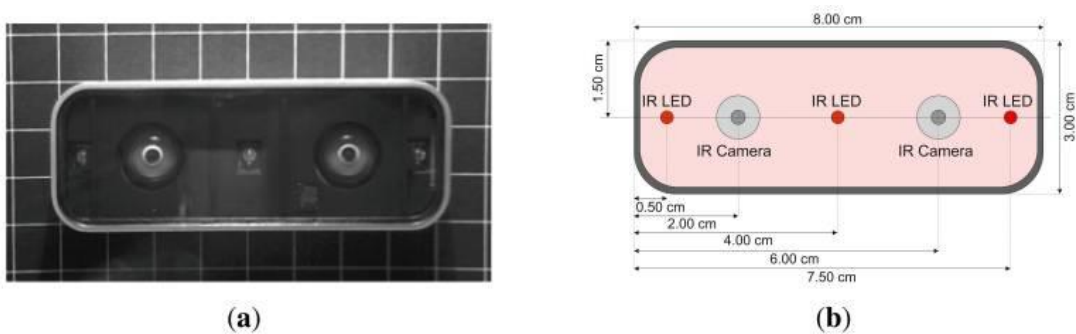


Figura 18 - Controlador Leap Motion (a) e respectivo esquema (b) [32]

Este dispositivo, de pequenas dimensões, foi pensado para sistemas Windows, Max OS X e Linux, disponibilizando publicamente um SDK [33], que permite explorar o seu potencial.

### 2.3.5 Xtion PRO LIVE

Desenvolvido pela ASUS, o Xtion PRO LIVE [34], representado na Figura 19, tem uma configuração similar à do Kinect. É composto por um sensor de infravermelhos, uma câmara RGB e dois microfones e deteta o movimento, gestos e voz dos utilizadores em tempo real. O Xtion PRO LIVE vem com um conjunto de ferramentas de desenvolvimento para tornar mais acessível aos desenvolvedores criarem as suas próprias aplicações baseadas em gestos, sem ter a necessidade de desenvolver algoritmos.



Figura 19 - Xtion PRO LIVE [34]

É possível utilizar este dispositivo em diferentes sistemas operativos Além disso, permite o desenvolvimento de aplicações em C++, C# e Java, utilizando o SDK OpenNI.

### 2.3.6 Análise Comparativa

Os dispositivos descritos anteriormente permitem detetar a posição e movimentos do jogador ou do controlador.

O Kinect e o Xtion PRO LIVE têm uma configuração similar, como já foi mencionado previamente. Contudo, o primeiro permite usar o Microsoft Kinect SDK, além do OpenNI.

Ambos requerem uma quantidade de espaço maior que a PlayStation Move e a Wii. No entanto, permitem ter mais jogadores em simultâneo.

Tanto o Kinect como o Xtion PRO LIVE e o Leap Motion não precisam de um controlador para interagir com o dispositivo, o que permite ter um controlo mais natural. No entanto, o Leap Motion apenas deteta os gestos das mãos. A grande diferença entre a Wii e a PS Move é a capacidade de detetar posições 3D. A PS Move calcula as coordenadas 3D da posição em alta resolução através do processamento de imagem baseado em sub-píxel. A Wii também consegue captar posições 3D, no entanto, torna-se mais difícil de calcular devido às limitações do controlador [24].

A Tabela 1 apresenta, de uma forma resumida, as principais vantagens e desvantagens do Kinect, Wii e PS Move [24].

Tabela 1 - Comparação entre Kinect, Wii e PS Move

	Vantagens	Desvantagens
<b>Kinect</b>	Reconhece vários movimentos do utilizador e não necessita de um controlador;	Limitações relativamente ao campo de visão.
<b>Wii</b>	Dispositivo de baixo custo; Disponibiliza uma SDK de <i>open source</i> , WiimoteLib; O Wiimote permite mais interatividade em relação ao controlador da PS Move.	Necessita do Wiimote; Limitações relativamente à deteção dos movimentos.
<b>PS Move</b>	Deteção de movimento com bastante precisão e resolução.	Necessita do controlador PS Move; O SDK não é <i>open source</i> .

## 2.4 Conclusão

Neste capítulo foi descrito o programa e metas curriculares da disciplina de Matemática relativamente ao 1º ciclo do ensino básico, com o objetivo de compreender quais os conteúdos com maior importância e dificuldade neste ciclo. Destes conteúdos, constatou-se que os números racionais não negativos referem-se a uma das matérias com maior dificuldade sentida por parte dos alunos.

Foram também estudadas várias aplicações existentes, de modo a conhecer em que situação se encontra o enquadramento da área da multimédia com a área educativa, nomeadamente, a Matemática.

Por fim, foram estudados determinados dispositivos NUI, descrevendo as suas principais características e aspetos intrínsecos ao seu funcionamento. Além disso, foi realizada uma análise de entre os vários dispositivos apresentados, para compreender as vantagens e desvantagens de cada um. Desta forma, conclui-se que o dispositivo Kinect da Microsoft apresenta melhores características e uma maior capacidade para o desenvolvimento de aplicações NUI.





## 3 Microsoft Kinect

Ao longo deste capítulo, é realizada uma análise do funcionamento do dispositivo Kinect de uma forma mais aprofundada. São abordados aspetos, tais como, o rastreio do esqueleto e reconhecimento de gestos, que são fundamentais para o desenvolvimento de aplicações NUI. Por fim, são descritos dois pacotes de desenvolvimento de *software* e uma plataforma de desenvolvimento de jogos utilizados para interagir com o sensor e para desenvolver aplicações NUI.

### 3.1 Rastreio do Esqueleto

Uma das principais partes do Kinect é a sua capacidade de reconhecimento e rastreio do esqueleto humano em tempo real, independentemente do seu tamanho e formas. Para tal, o utilizador apenas tem de se colocar à frente do sensor, de modo a que a cabeça e o tronco estejam visíveis. O sensor Kinect consegue detetar até seis utilizadores ao mesmo tempo, mas apenas consegue interagir com dois em simultâneo [35].

O rastreio do esqueleto consiste no processo que representa o corpo humano através de um número de articulações, permitindo obter o posicionamento de cada parte do corpo, como por exemplo, a cabeça e braços, num espaço tridimensional, como observado na Figura 20. A posição do esqueleto usa um sistema de coordenadas representada em metros, em que o eixo do X se estende para o lado direito (do ponto de vista do utilizador), o eixo do Y aponta para cima e o eixo do Z é orientado a partir do sensor para o utilizador.

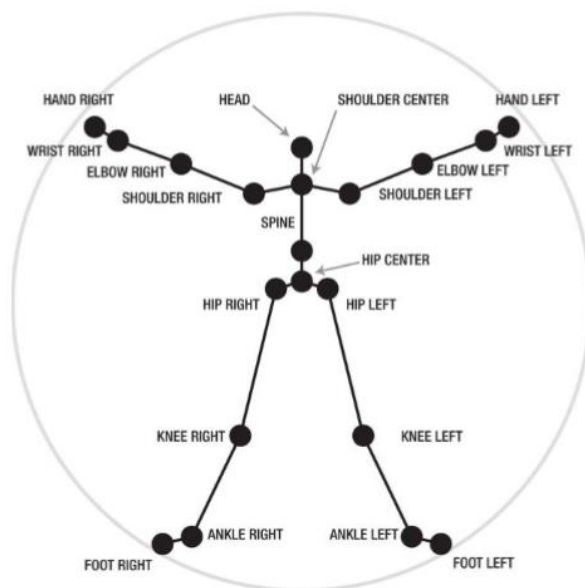


Figura 20 - Representação das articulações reconhecidas pelo Kinect [36]

Este método, desenvolvido por Shotton *et. al.* [37], determina as posições das articulações num espaço tridimensional a partir de uma imagem de profundidade. É realizado através de uma segmentação das partes do esqueleto humano por meio de uma tarefa de classificação baseado no píxel. Cada píxel é avaliado separadamente para evitar a necessidade de uma pesquisa combinatória sobre as diferentes articulações. De seguida, através do centro da massa, é calculada uma hipótese do posicionamento das articulações e, por último, mapeia-se as hipóteses das articulações com as do esqueleto, considerando a continuidade temporal e o conhecimento dos dados do esqueleto anterior [17]. A Figura 21 apresenta uma visão geral deste processo.

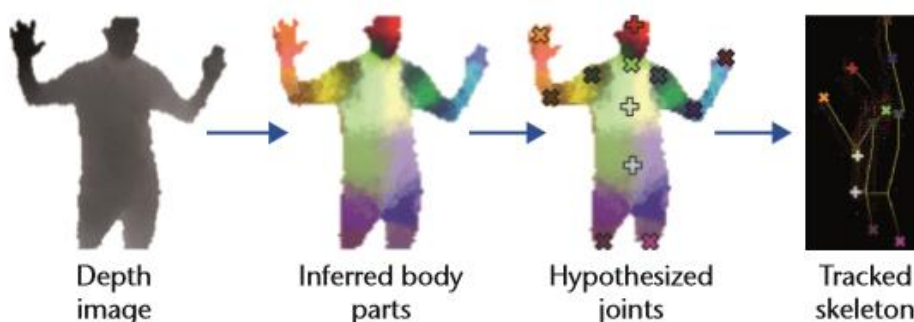


Figura 21 - Processo de rastreamento do esqueleto [17]

Através do esqueleto é possível determinar os gestos do utilizador. No entanto, o Kinect não tem um sistema de deteção de gestos de raiz, sendo estes implementados por quem desenvolve as aplicações.

## 3.2 Reconhecimento de Gestos

Um gesto consiste num movimento do corpo humano, tal como acenar a mão ou saltar, com o objetivo de transmitir uma mensagem. No enquadramento do Kinect, um gesto é utilizado para interagir com o dispositivo, de modo a que aplicação execute determinadas funcionalidades.

O reconhecimento de gestos é um processo fundamental no desenvolvimento de aplicações NUI, baseado no rastreamento das articulações do esqueleto e que envolve diferentes cálculos, algoritmos e metodologias. A deteção de um determinado gesto pode ser relativamente simples ou muito complexa, dependendo do tipo de gesto. Um exemplo de um gesto simples é o bater as palmas, em que apenas se calcula a distância entre as duas mãos.

Tal como já foi mencionado na secção 3.1, as articulações estão representadas num espaço tridimensional. As coordenadas X e Y indicam a posição da articulação no plano, e a coordenada Z indica a distância a que a articulação está do sensor, como se pode observar na Figura 22. Assim sendo, o valor da coordenada X é alterado se a articulação (*e.g.* mão) se mover para a direita ou para a esquerda, o valor da coordenada Y é alterado se a mão se mover para cima ou para baixo, e o da coordenada Z se mão se mover para a frente ou para trás a partir do sensor [38]. O Kinect fornece a posição das articulações 30 *frames* por segundo, ou seja, no contexto do Kinect, um gesto consiste na posição relativa de algumas articulações por determinados números de *frames* [39].

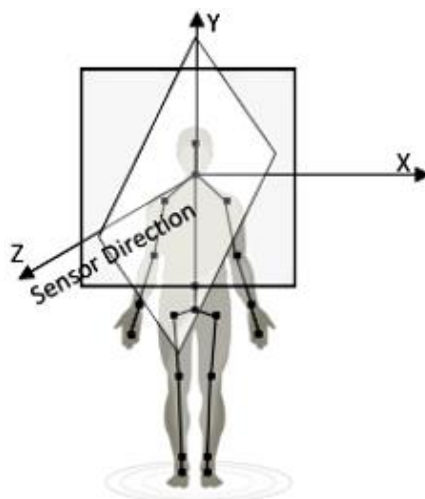


Figura 22 - Representação das articulações num espaço tridimensional [38]

Existem quatro abordagens para o reconhecimento de gestos: reconhecimento básico de gestos, abordagem algorítmica, abordagem baseada no *template* e de rede ponderada (*weighted-network*). A abordagem escolhida depende do gesto a ser aplicado, assim como dos requisitos da aplicação.

### 3.2.1 Reconhecimento básico de gestos

Existe um conjunto de condições que é definido previamente, conhecido como o conjunto de resultados, que define o reconhecimento de um gesto. Se a ação executada pelo utilizador corresponder ao conjunto de resultados, conclui-se que o gesto foi reconhecido. Esta abordagem, apesar de ser relativamente simples de implementar, é muito importante no desenvolvimento de aplicações NUI [38].

### 3.2.2 Reconhecimento de gestos através de algoritmo

Para reconhecer e validar os gestos, a abordagem algorítmica baseia-se num conjunto de parâmetros e de condições definidas previamente. Se desde o início da execução do gesto até o fim, os seus parâmetros e restrições forem sempre válidos, então o gesto é dado como reconhecido.

Os gestos a serem considerados por esta abordagem, são aqueles que necessitam de ser validados para várias condições ou quando têm diversas articulações envolvidas. Isto implica uma série de cálculos com um critério de partida, validação de vários estados e com um critério de fim. Para reconhecer um gesto, primeiro é importante definir o ponto de entrada, que tem de ser validado antes de passar às próximas posições. Logo que se confirme este estado, cada *frame* tem de ser validado conforme as condições que foram pré-definidas para esse gesto. Se, durante a execução do gesto, qualquer uma das condições não for válida, então o reconhecimento é interrompido e volta ao ponto de partida. Para finalizar, terá de haver uma condição que indique o fim do gesto e que valide a posição final deste [38].

Um exemplo disso é o gesto de acenar, em que o utilizador levanta a mão direita ou a esquerda e move-a de lado a lado. Durante o gesto, a mão permanece acima do cotovelo e move-se periodicamente da esquerda para a direita, como se pode observar na Figura 23.

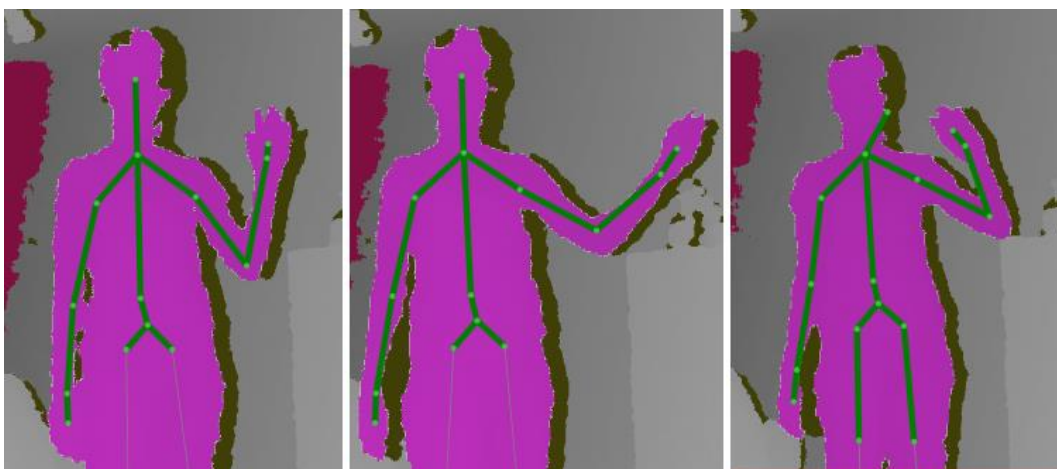


Figura 23 - Representação do gesto "acenar"

Para validar este gesto é necessário efetuar os seguintes passos: o ponto de entrada será verificar se a mão está acima do cotovelo. O utilizador deve mover a mão da esquerda para a direita, mantendo-a sempre acima do cotovelo. Esta condição tem de ser validada por um determinado número de *frames*. A próxima condição consiste em mover a mão no sentido oposto, que também tem de ser validada.

### 3.2.3 Reconhecimento de gestos baseado no *template*

Esta abordagem pode ser utilizada quando não se tem a certeza de quão robusto é o sistema de reconhecimento. Este sistema compara os movimentos do utilizador com gestos pré-definidos.

O reconhecimento de gestos baseado no *template* engloba três fases: Criação do *template*, rastreamento do gesto e correspondência do *template*.

Na primeira fase, os gestos são gravados e armazenados com as seguintes informações: as articulações, o nome do gesto e respetivo tipo, o intervalo de tempo para o gesto, entre outros. Na fase seguinte, o utilizador executa um conjunto de ações em frente ao sensor, que é transmitido para o sistema de reconhecimento de gestos. No fim do gesto, este conjunto é comparado com o conjunto que foi armazenado previamente, de forma a determinar se se trata de um gesto compatível [38]. A Figura 24 apresenta as fases descritas anteriormente:

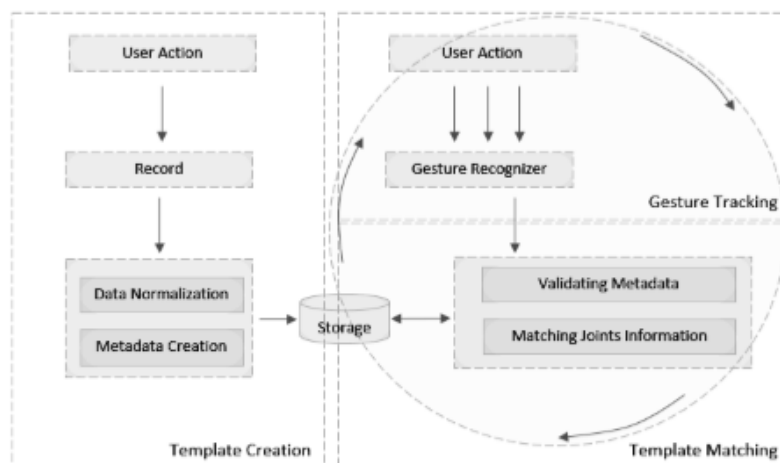


Figura 24 - Fases que englobam o reconhecimento de gestos baseado no *template* [38]

As últimas fases são executadas em simultâneo, ou seja, à medida que o utilizador efetua as ações, estas são passadas por parâmetro de entrada e validadas em relação aos gestos armazenados, de modo a verificar se existe uma correspondência [38].

### 3.2.4 Reconhecimento de gestos através de rede ponderada

O reconhecimento de gestos baseado em rede ponderada trata-se da abordagem mais avançada. Esta abordagem é utilizada quando se executam movimentos dinâmicos, isto é, quando o utilizador não alcança a mesma posição, como é o caso do gesto “saltar”. O utilizador impulsiona-se temporariamente para o ar, de modo a que os pés perdem contacto com o chão. Contudo, há diferentes tipos de saltos que é preciso ter em conta, tais como o salto normal, salto em altura, saltar à corda. A forma de como o gesto é efetuado pode não ser evidente o suficiente para o reconhecer, uma vez que há várias formas de o executar e também devido às limitações impostas à área de visão do Kinect.

É necessária uma abordagem que indique até que ponto o utilizador está a executar o gesto de forma correta, isto é, utilizar uma representação de estrutura de dados flexível que permita calcular as probabilidades e chegar a uma decisão com base nas ações do utilizador, em vez de indicar se o gesto foi realizado com sucesso ou com insucesso. Para tal, utiliza-se uma rede neuronal.

Uma rede neuronal consiste num conjunto de nós interligados. Na área da ciência da computação, uma rede neuronal é configurada para resolver problemas específicos, tais como o reconhecimento de padrões ou classificação de dados, através de um processo de aprendizagem. A rede contém duas camadas, uma de entrada e outra de saída, que estão ligadas através de uma outra camada, designada camada abstrata [38].

A rede neuronal organiza e avalia um gesto com base em estatísticas e probabilidades. Um sistema de reconhecimento de gesto baseado numa rede neuronal indicaria que o utilizador executou x por cento do gesto corretamente e y por cento incorretamente.

Cada nó consiste num pequeno algoritmo que tem a capacidade de avaliar pequenos elementos de um gesto. Os gestos partilham vários nós, mas a sua sequência nunca é exatamente igual, ou seja, o valor de saída de um nó decide qual será o próximo nó. Cada ligação que conecta os nós tem um peso, que ajuda a efetuar decisões mais precisas, isto é, quanto maior o peso, maior é a preferência dessa ligação. No final da rede, é calculado o resultado com base na probabilidade, o que implica que o resultado pode ter uma margem de erro. Se essa margem estiver dentro de um limite pré-definido, o resultado será aceito, caso contrário, a rede volta a efetuar a operação para obter resultados mais precisos [38].

A Figura 25 apresenta uma possível rede neuronal para o gesto “saltar”.

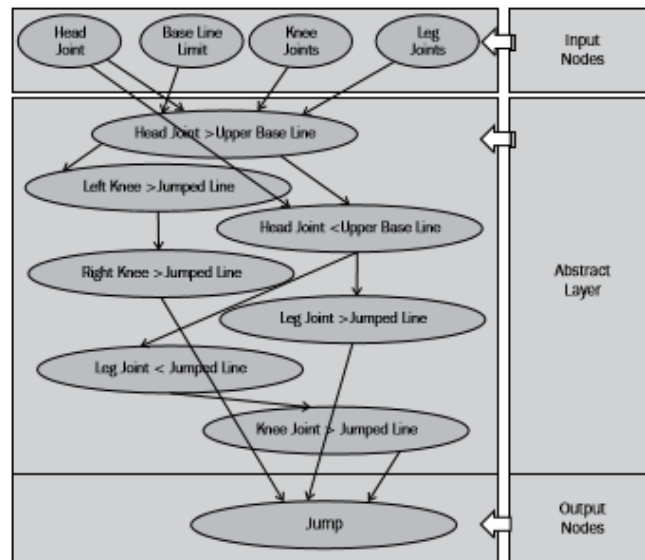


Figura 25 - Rede neuronal para o gesto "saltar" [38]

As redes neurais são estruturas de dados eficientes para o processamento de informações, o que as torna uma técnica de reconhecimento de gestos com um nível elevado de desempenho. Contudo, trata-se de uma abordagem complexa e difícil de implementar para a maioria dos desenvolvedores. Estas redes dependem de um grande número de parâmetros para produzir resultados precisos, e este número pode crescer a cada nó [38].

### 3.2.5 Gestos para controlo de elementos

Nas aplicações NUI, a interação entre o utilizador e a interface é através de gestos e, por isso é preciso utilizá-los para executar eventos, tais como clicar em botões. A implementação de gestos para controlo de elementos envolve as seguintes etapas: criar um cursor em forma de mão, identificar os elementos e executar as respetivas ações.

O cursor de mão permite controlar a aplicação da mesma maneira que um rato, ou seja, a aplicação acompanha a posição da mão e apresenta o seu movimento do ecrã. Para tal, é necessário mapear os movimentos da mão com um elemento da aplicação, isto é, associar, por exemplo, a mão direita com uma imagem. Além disso, também é necessário obter a posição do cursor em cada movimento, de forma a saber a localização a que este se encontra no ecrã.

A próxima etapa consiste em identificar os elementos da aplicação, de modo a ser possível interagir com eles. O cursor não tem qualquer ligação com os elementos, ou seja, não há conhecimento sobre onde estão localizados nem como interagir com eles. O método para o cursor identificar os elementos é baseado no sistema de coordenadas. É necessário calcular as quatro margens dos elementos, a esquerda, direita, inferior e superior. De seguida, verifica-se se a posição do cursor se encontra entre as margens do elemento, como é apresentado na Figura 26.

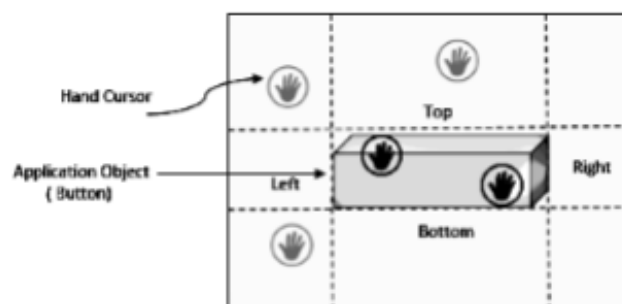


Figura 26 - Identificação de um botão com o cursor [38]

A última etapa corresponde à execução dos eventos dos elementos. Para tal, quando o utilizador posiciona o cursor num elemento, o evento é executado após um curto período de tempo, no caso de o cursor ainda se encontrar dentro dos limites desse mesmo elemento. Isto é fundamental, uma vez que o utilizador pode mover o cursor sobre vários elementos e não querer efetuar nenhuma ação. Para dar um *feedback* ao utilizador, o ideal é apresentar um indicador visual.

A Figura 27 apresenta uma sequência para executar as ações dos elementos.

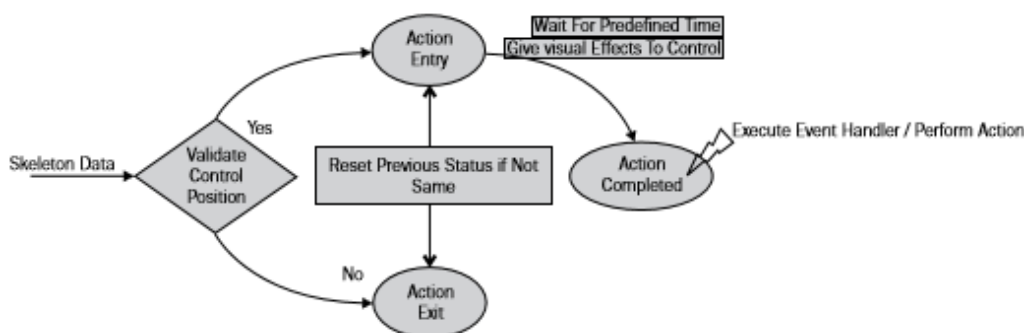


Figura 27 - Fluxo para executar ações dos elementos [38]

Quando a posição do cursor estiver dentro dos limites de um elemento, é iniciado o estado “Action Entry”. Durante um pequeno intervalo de tempo, é verificado se o cursor ainda está dentro dos limites e também é dado um *feedback* ao utilizador. Assim, que terminar esse intervalo, o estado altera-se para “Action Completed”. Caso o cursor já não esteja dentro das margens do elemento, o estado é alterado para “Action Exit” [38].

### 3.3 Ferramentas de Desenvolvimento de Software

Uma Ferramenta de Desenvolvimento de *Software* (Software Development Kit - SDK) consiste num conjunto de ferramentas que permitem desenvolver aplicações para interagirem com um determinado produto de *software* ou *hardware*. Nesta secção, são apresentados dois SDK para desenvolvimento de aplicações NUI. Por último, é abordada uma plataforma de desenvolvimento de jogos, que pode ser integrada com o sensor Kinect.



### 3.3.1 Kinect for Windows SDK

A Microsoft lançou em Junho de 2011, o pacote de desenvolvimento Kinect for Windows SDK sob uma licença não comercial [40]. Porém, em 2012 foi lançada uma versão comercial, possibilitando ao público em geral, como às empresas, a oportunidade de desenvolver aplicações com a utilização do Kinect. Desde então têm sido lançadas novas atualizações com melhorias.

O SDK é composto por *drivers* que interagem com o sensor e um conjunto de bibliotecas necessárias para desenvolver aplicações em C++, C# e Visual Basic, que utilizam o Kinect como dispositivo de entrada de dados [38]. Este pacote de desenvolvimento contém as seguintes funcionalidades:

- Captura e processamento de imagens a cores e por infravermelhos;
- Processamento de imagens de profundidade;
- Captura de áudio e sistema de reconhecimento de voz;
- Reconhecimento do esqueleto e do movimento das articulações.

O Kinect for Windows SDK fornece um conjunto de Interface de Programação de Aplicações (Application Programming Interface - API) que permitem aceder às articulações do esqueleto. Tem a capacidade de reconhecer até 20 articulações e cada uma delas está identificada (*e.g.* cabeça, ombro). Além disso, também permite fazer o rastreamento de um esqueleto sentado. Para tal apenas é necessário alterar o modo de rastreamento e o SDK deteta até 10 articulações, que correspondem à cabeça e membros superiores [38].

### 3.3.2 OpenNI

Em Dezembro de 2010 surgiu o OpenNI, um pacote de desenvolvimento *open source* para aplicações NUI [41]. O SDK é suportado por múltiplas plataformas, Windows, Linux e Mac, ao contrário do Kinect for Windows e contém um conjunto de bibliotecas para desenvolver aplicações em C, C++ e C#.

O objetivo é permitir a comunicação de informação áudio e visual de sensores e de *middlewares*, isto é, componentes de *software* que analisam os dados captados. De modo a que não haja dependências entre sensores e os componentes de *middleware*, o OpenNI é composto por dois conjuntos de API [22].

A arquitetura do OpenNI, representada na Figura 28, é formada por três camadas: aplicação, interfaces OpenNI e dispositivos de *hardware*. A primeira camada representa as aplicações NUI e funciona com base dos dados fornecidos pela camada inferior. A camada seguinte interage com os sensores e os componentes de *middleware* e processa os dados captados pelos dispositivos para serem interpretados pela camada superior. Por fim, a última camada corresponde aos sensores que captam a informação áudio e visual.

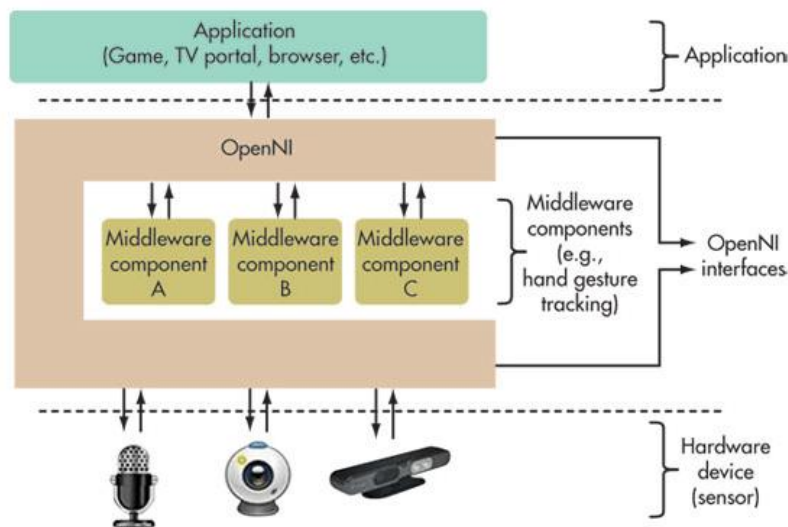


Figura 28 - Arquitetura do OpenNI [22]

Em Abril do ano corrente, o *site* do OpenNI foi fechado e, conseqüentemente o *download* do SDK ficou indisponível, após a Apple ter adquirido o sensor PrimeSense [42].

### 3.3.3 Microsoft XNA

O XNA consiste numa plataforma de programação gráfica, disponibilizada pela Microsoft, para o desenvolvimento de jogos para a consola Xbox 360, Windows e Windows Phone [43]. É constituído por várias ferramentas que facilitam o processo de desenvolvimento de jogos:

- XNA Game Studio;
- XNA Framework;
- XNA Content Pipeline.

A Figura 29 representa a arquitetura do XNA. O XNA Game Studio é o ambiente de desenvolvimento, baseado no Visual Studio. A Framework XNA é baseada na Framework .NET e contém os recursos necessários para desenvolver os jogos [44].

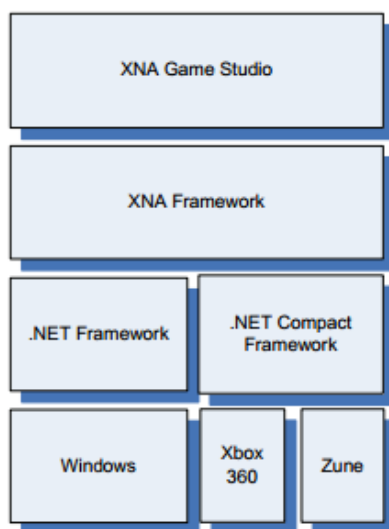


Figura 29 - Arquitetura do XNA representada em camadas [44]

### 3.3.3.1 XNA Framework

Esta *framework* é constituída por várias camadas, apresentadas na Figura 30, que compõem os elementos necessários para o desenvolvimento de jogos.

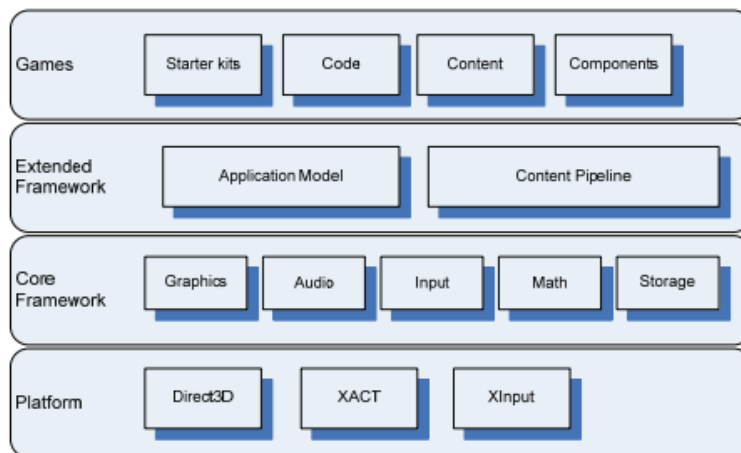


Figura 30 - Representação mais detalhada das camadas que constituem a framework XNA [44]

Na camada Plataforma encontram-se os componentes que fornecem os gráficos, o som e a entrada de comandos. A camada acima, Core Framework, contém os componentes fundamentais para o desenvolvimento de qualquer jogo: gráficos, som, entrada de dados, matemática e armazenamento de dados. A camada seguinte inclui dois componentes muito importantes para o desenvolvimento de uma aplicação XNA: Application Model e Content Pipeline. A última camada, Games, contém os recursos disponibilizados pela Microsoft e pela comunidade de desenvolvimento [44].

### 3.3.3.2 Application Model

Esta componente contém a classe Game1, derivada da classe XNA Game, que contém um conjunto de métodos virtuais que compõem o ciclo do jogo, representado na Figura 31.

- Initialize: inicializa os objetos antes do ciclo do jogo;
- LoadContent: carrega os conteúdos do jogo, isto é, imagens, áudio, etc;
- Update: responsável pela lógica do jogo e também pelo estado dos objetos;
- Draw: responsável por desenhar os gráficos em toda a janela do jogo.

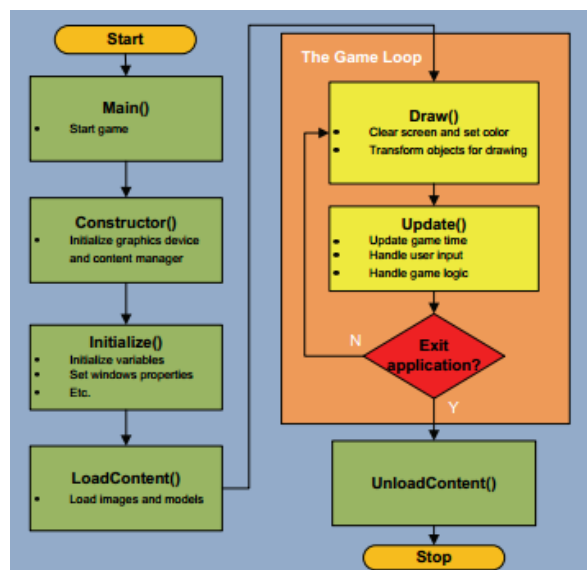


Figura 31 - Ciclo do jogo [44]

### 3.3.3.3 Content Pipeline

O Content Pipeline oferece grande flexibilidade na inserção de novos elementos numa aplicação XNA [45].

## 3.4 Conclusão

O estudo apresentado neste capítulo permitiu abordar tópicos importantes para uma melhor compreensão do funcionamento do dispositivo Kinect, focando-se maioritariamente no reconhecimento de gestos. Deste modo, permitiu perceber os aspetos necessários para a implementação dos gestos para interagir com as aplicações NUI.

Este dispositivo dispõe de um SDK para o desenvolvimento de aplicações. Contudo, é também compatível com outras bibliotecas. Além disso possui documentação de apoio ao desenvolvimento.

O OpenNI também consiste num bom SDK, com a particularidade de ser suportado por várias plataformas. No entanto, após a Apple ter obtido o sensor PrimeSense, o *download* ficou indisponível. Assim, para o presente trabalho, optou-se pelo uso do SDK Kinect for Windows.



## 4 Implementação

Este capítulo visa descrever todos os aspetos referentes à implementação do projeto proposto nesta dissertação. Inicialmente é abordada a metodologia de desenvolvimento adotada, e posteriormente as suas características, funcionalidades e interação com o utilizador. Esta última parte é dividida em duas secções, no qual a primeira está mais orientada para a parte gráfica, interação e funcionalidades da aplicação. A segunda secção aborda o motor de reconhecimento de gestos que foi desenvolvido e integrado na aplicação.

### 4.1 Metodologia de Desenvolvimento

Sempre que é desenvolvido um sistema de *software*, é necessário adotar uma metodologia de desenvolvimento apropriada para que este seja bem-sucedido. Geralmente, utiliza-se uma abordagem *top-down* baseada na decomposição de funcionalidades, cujo ciclo de desenvolvimento se inicia com a análise do sistema e atravessa, sequencialmente, as etapas de especificação de requisitos, conceção, implementação e testes. Este ciclo de desenvolvimento é designado de metodologia em cascata devido à sua estrutura sequencial, como se pode observar na Figura 32. As atividades a executar são agrupadas em tarefas, executadas sequencialmente, de modo a que uma tarefa só poderá ter início quando a anterior tiver terminado e tiver sido validada [46].

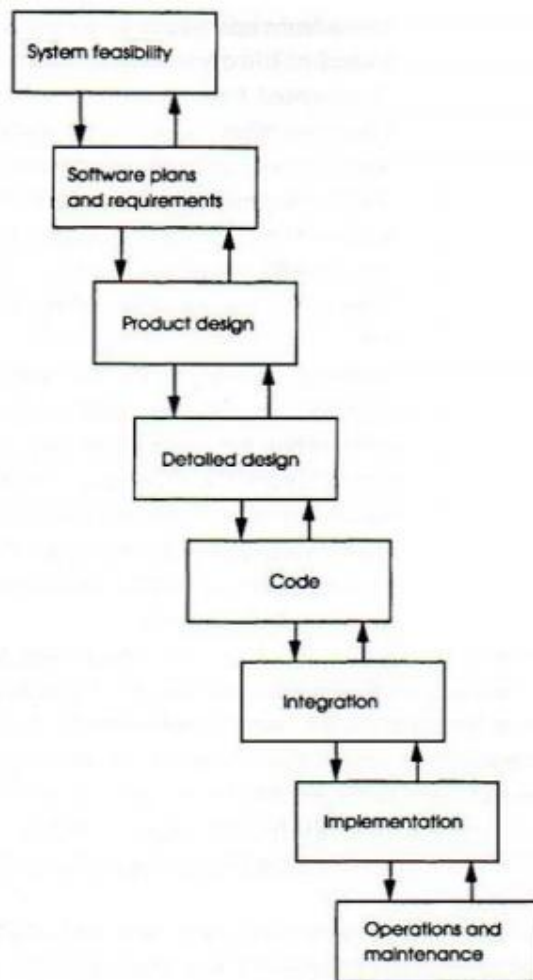


Figura 32 - Metodologia em cascata (adaptada por Boehm) [46]

Embora este tipo de metodologia seja simples de compreender, para o desenvolvimento de sistemas mais complexos não é o mais adequado. Em 1988, Boehm [47] apresentou a metodologia em espiral, que aplica uma abordagem iterativa. Esta metodologia contém quatro etapas: planeamento, análise de risco, engenharia e avaliação, que são percorridas sistematicamente, de modo a abranger cada vez mais informação em cada etapa.

Existem várias metodologias para prever o funcionamento de um *software*, mas são muito escassas as que existem para prever o comportamento humano, ou seja, o desenvolvimento de sistemas interativos deve ser essencialmente iterativo devido ao comportamento imprevisível do utilizador.

Hix e Hartson reconheceram que era importante descobrir um ciclo de desenvolvimento que fosse mais adequado para o desenvolvimento da interação com o utilizador. Neste sentido, observaram o processo de trabalho de desenvolvedores de interação e de *software* e verificaram que estes realizam o trabalho, alternando as atividades *bottom-up* – atividades criativas e concretas, que refletem o ponto de vista do utilizador com a do sistema – com as atividades *top-down* – atividades abstratas e estruturantes, que refletem o ponto de vista do



sistema ao do utilizador – ou seja, realizam sob a forma de ondas alternadas o que possibilita a criação de algo e a respetiva avaliação. Esta abordagem adapta-se bem à ideia de prototipagem rápida, o que permite fazer a avaliação numa fase mais precoce do processo de desenvolvimento.

O processo de levantamento de requisitos é, simultaneamente, uma atividade *top-down* e *bottom-up*, dado que tanto a estrutura como o detalhe são muito importantes. Durante este processo surgem muitas dúvidas em relação à conceção, o que significa que o *feedback* sobre este tem um papel fundamental na obtenção dos requisitos, de modo a que estejam completos.

Todos os colaboradores devem adquirir uma compreensão integrada das ligações entre as atividades em todos os níveis, de modo a terem uma visão geral do desenvolvimento do sistema. Para ajudar os colaboradores a alcançarem esta compreensão, Hix e Hartson propuseram uma metodologia de desenvolvimento que alterna as atividades *top-down* e *bottom-up* para apoiar o desenvolvimento de sistemas iterativos. Nesta metodologia, denominada metodologia em estrela (Figura 33), as etapas não precisam de ser abordadas por uma ordem específica, ao contrário do que sucede na metodologia em espiral. Pode-se iniciar a fase de conceção sem que a fase do levantamento de requisitos esteja concluída e voltar a esta em qualquer altura. No entanto, antes de passar à próxima etapa, é necessário fazer uma avaliação de usabilidade dos resultados da etapa anterior. Desta forma, esta metodologia é centrada na avaliação, impulsionando melhorias do sistema [46].

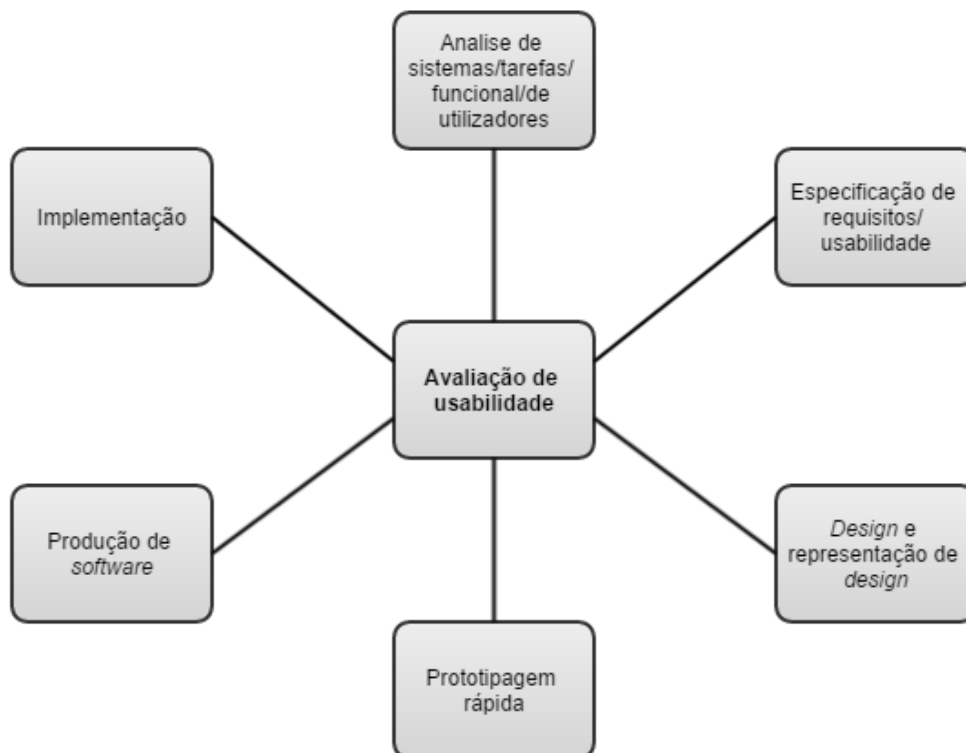


Figura 33 - Metodologia em estrela

O sistema apresentado neste capítulo, em particular o motor de reconhecimento de gestos, foi desenvolvido de acordo com a metodologia em estrela. Este sistema foi testado e avaliado em cada iteração, de modo a efetuar correções e melhorias.

## 4.2 Descrição do protótipo

O projeto apresentado tem como principal objetivo contribuir para o ensino e para a aprendizagem da disciplina de Matemática do 3º ano do ensino básico, recorrendo às potencialidades do Kinect. Tendo em conta alguns conceitos já analisados ao longo desta dissertação, quer a nível pedagógico – nomeadamente os conteúdos de Matemática lecionados no 3º ano que apresentam maior dificuldade – quer a nível tecnológico – características e funcionalidades do sensor – foi desenvolvido um protótipo que fosse ao encontro destes requisitos, no sentido de permitir ao utilizador enriquecer a aprendizagem e interesse pela disciplina, e simultaneamente, interagir facilmente com a aplicação.

Um dos conteúdos de Matemática, referente ao 3º ano com maior dificuldade sentida pelos alunos, consiste nos números racionais não negativos e, por isso, a aplicação, designada Matemática Interativa, centra-se nesta matéria dividindo-a em quatro atividades.

Tal como sucedeu para o sistema do motor de reconhecimento, também foi adotada a metodologia em estrela proposta por Hix e Hartson [46] para o desenvolvimento da aplicação Matemática Interativa. Esta caracterizou-se por apenas uma iteração.

Na Figura 34 encontra-se representado um esboço dos vários cenários que constituem a aplicação. O primeiro cenário trata-se do cenário introdutório, o qual contém as várias opções da aplicação. A primeira opção, “Jogar”, transita para o cenário que contém as quatro atividades e, cada uma destas inclui um conjunto de instruções e objetivos a cumprir. Para a aplicação funcionar, é necessário ter o sensor e ter conhecimentos de como se faz a ligação, sendo que estas informações encontram-se na segunda opção. A terceira opção trata-se das pontuações, isto é, para cada atividade, encontra-se um registo de pontuações para verificar qual o grau de domínio que o aluno tem sobre determinada matéria abordada. Adicionalmente ao que se encontra na Figura 34, foi criada uma opção “Galeria”, que contém um conjunto de fotografias que foram tiradas em cada atividade. Estas fotografias serão, mais adiante, descritas com maior detalhe.

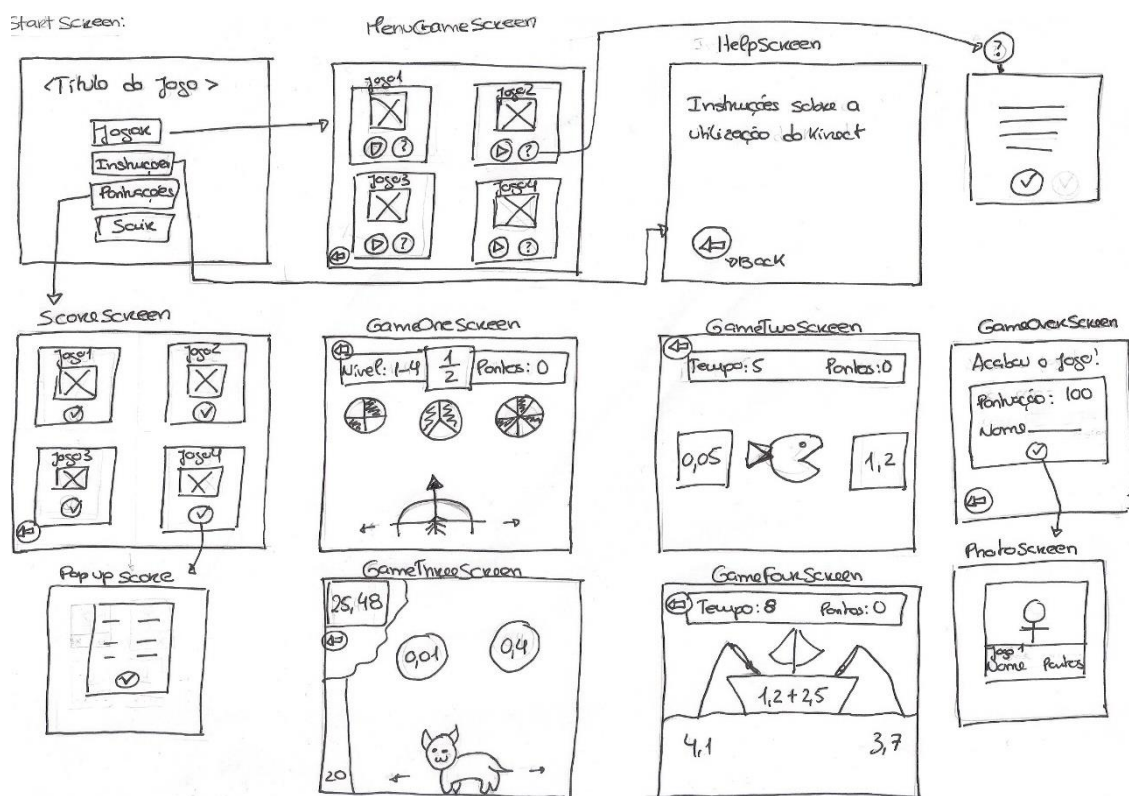


Figura 34 - Storyboard da aplicação Matemática Interativa

As quatro atividades, representadas na Figura 35, incidem nos seguintes temas: representação fracionária e decimal; comparação de números decimais; decomposição e por fim, soma e subtração. Para cada uma delas, estão disponibilizadas as instruções e os objetivos. Sendo a Matemática Interativa uma aplicação utilizada maioritariamente por crianças, teve-se especial cuidado a nível de interface, de forma que esta fosse simples, apelativa e intuitiva.



Figura 35 - Cenário com as quatro atividades da Matemática Interativa

Na introdução do estudo de números decimais, são dados exercícios de representação fracionária e decimal de figuras geométricas divididas em partes iguais. A primeira atividade, ilustrada na Figura 36, é constituída por quatro níveis, em que nos primeiros três são apresentadas frações e, no último, números decimais. Em cada nível são apresentados três círculos divididos em partes iguais e, também, um número fracionário que representa a parte colorida de um dos círculos.

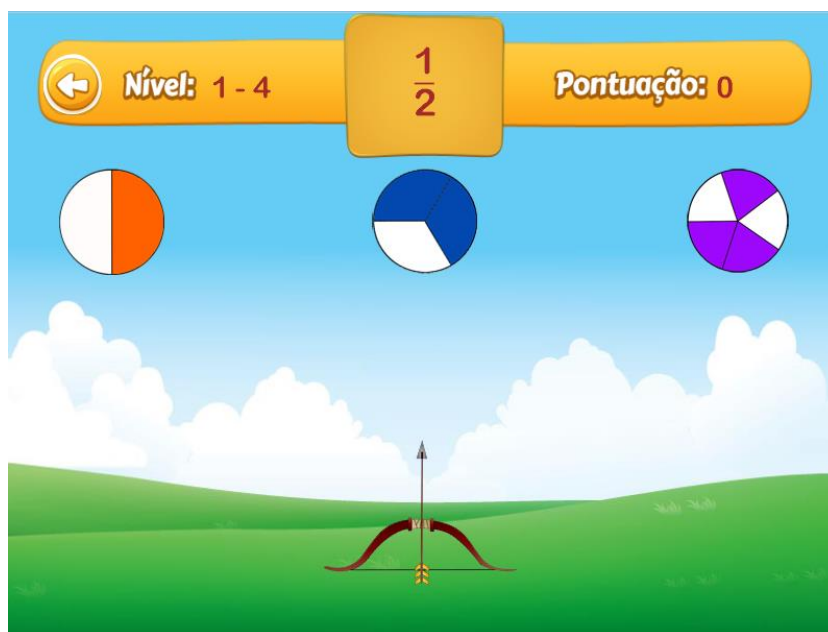


Figura 36 - Atividade "Representação fracionária e decimal"

O objetivo desta atividade consiste em acertar a flecha no círculo que corresponde ao número fracionário apresentado. Para tal, o utilizador tem de utilizar a mão direita para controlar o arco, deslizando-a para a direita e para a esquerda, como está representado na Figura 37. Para lançar a flecha tem de deslizar a mão esquerda para cima.



Figura 37 - Gestos utilizados para a atividade "Representação fracionária e decimal"

A atividade “Maior e Menor” está dividida em cinco rondas e aborda a relação de ordem entre os números decimais. São apresentados dois números decimais, de forma aleatória, no qual o utilizador tem de indicar qual o maior/menor através da simbologia “>” e “<”. O utilizador tem de executar gestos com os braços que traduzam essa simbologia, demonstrados na Figura 38. Estes gestos são descritos com mais pormenor na secção 4.3.2.



Figura 38 - Gestos utilizados para a atividade "Maior e Menor"

Cada ronda tem uma duração de 5 segundos, ou seja, o utilizador tem esse tempo para dar uma resposta. Assim que é executado o gesto, é ilustrado um peixe, cuja boca indica o sinal “<” ou “>” (Figura 39). Se acertar, aparece uma minhoca e ganha 20 pontos, caso contrário, aparece uma casca de banana e não ganha pontos.



Figura 39 - Atividade "Maior e Menor"

A terceira atividade consiste na decomposição de números decimais e, tal como a atividade referida anteriormente, é constituída por cinco rondas. Nesta atividade, ilustrada na Figura 40, o utilizador controla o gato, movendo-se para a direita e para a esquerda. É apresentado um número e ao longo da ronda, caem novelos de lã com números que podem ou não compor o número apresentado previamente. O objetivo desta atividade é apanhar os novelos com os números que compõem o número apresentado. Seguindo como exemplo o número 55,54 representado na Figura 40, os novelos que se devem recolher serão os que correspondem aos

números 50; 5; 0,5 e 0,04. À medida que o utilizador apanha os números corretos, estes são apresentados no lado esquerdo do cenário, de modo a que o utilizador tenha conhecimento dos números que já apanhou e dos que ainda faltam apanhar. Cada ronda termina quando o utilizador recolher todos os números corretos, o que permite ganhar 50 pontos, ou quando caírem todos os novelos e, neste ultimo caso, não ganha pontos.

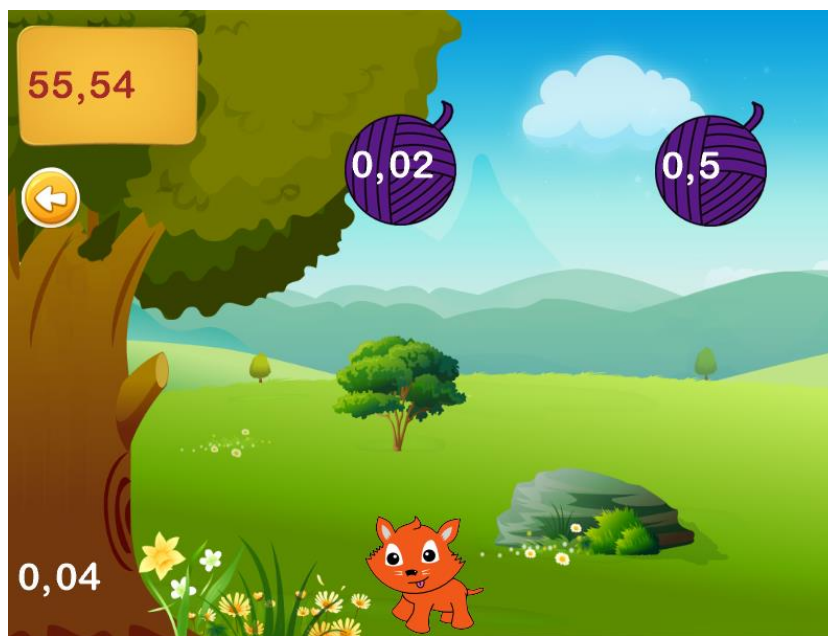


Figura 40 - Atividade "Decomposição"

Por fim, a quarta atividade aborda a soma e subtração de números decimais. Também constituída por cinco rondas, cada uma com uma duração de 10 segundos, nesta atividade é apresentada uma operação de somar ou de subtrair e também dois resultados. O utilizador tem de indicar qual dos dois resultados é o correto, esticando um dos braços para o lado em que se posiciona o resultado (Figura 41), de modo a ficar perpendicular ao resto do corpo.



Figura 41 - Gestos utilizados na atividade "Soma e Subtração"

Por exemplo, na primeira imagem ilustrada na Figura 42, o resultado da operação corresponde ao número que está à esquerda. O utilizador tem de esticar o braço esquerdo para o respetivo lado para “pescar” o número. Quando acerta na resposta, “pesca” um peixe e ganha 20 pontos. Caso contrário “pesca” uma bota e não ganha pontos.



Figura 42 - Atividade "Soma e Subtração"

No final de cada atividade, é possível registar a pontuação obtida, sendo que fica sempre guardada a pontuação mais elevada de cada utilizador. Além disso, de modo a tornar a aplicação mais dinâmica, após o registo da pontuação, o utilizador tira uma fotografia com um determinado objeto consoante o tema da atividade. Na primeira e segunda atividades, os objetos são o chapéu do Robin dos Bosques e uma máscara de mergulho, respetivamente. Para a terceira atividade, o objeto consiste numa máscara de um gato e para a última, uma cana de pesca. Estes objetos não são visíveis no decorrer da fotografia, mas apenas no final.

Todas as fotografias tiradas são etiquetadas com o nome da atividade, o nome do utilizador e respetiva pontuação, como se pode observar na Figura 43, e encontram-se na “Galeria”.



Figura 43 - Fotografias tiradas após cada atividade com o respetivo objeto

### 4.3 Motor de reconhecimento de gestos

A Matemática Interativa trata-se de uma aplicação NUI e, portanto, para interagir com o utilizador, foi necessário desenvolver um motor de reconhecimento de gestos [38]. Este motor de reconhecimento recebe os dados do utilizador e valida-os conforme as condições pré-definidas e executa uma ação de acordo com o gesto reconhecido.

O motor de reconhecimento desenvolvido reconhece gestos básicos e algorítmicos. Os gestos básicos correspondem aos gestos “maior”, “menor”, “levantar o braço esquerdo” e “levantar o braço direito”. Os gestos algorítmicos implementados foram os seguintes: “mover para a esquerda”, “mover para a direita”, “deslizar a mão para a direita”, “deslizar a mão para a esquerda” e “deslizar a mão para cima”.

Na Figura 44 encontra-se representado o diagrama de classes do motor de reconhecimento, as quais serão descritas ao longo desta secção.

Para qualquer gesto que vai ser reconhecido, é necessário especificar o tipo de gesto. Neste sentido, criou-se a enumeração *GestureType*, que indica o gesto a ser detetado. Juntamente com o tipo de gesto, também é necessário um resultado para notificar se o gesto foi reconhecido ou não. A enumeração *RecognitionResult* indica o resultado de um gesto, isto é, se foi reconhecido com sucesso ou com insucesso ou se foi desconhecido. Quando um gesto é ou não reconhecido, o motor de reconhecimento desencadeia um evento, que irá guardar esse resultado e o respetivo gesto. A classe *EventArgs* é a classe base para encapsular todos os dados que podem ser passados com um evento. Foi definida a classe *GestureEventArgs*, que indica o resultado do gesto e o tipo, sempre que o mecanismo de reconhecimento gerar um evento. A classe *GestureHelper* consiste numa classe utilitária, que contém apenas os métodos que podem ser reutilizáveis.

A parte mais importante do motor de reconhecimento de gestos está na classe *GestureRecognitionEngine*, que reúne todos os componentes descritos anteriormente. É criada uma coleção dos gestos que foram definidos e cada um é reconhecido individualmente. Sempre que um gesto for reconhecido com sucesso é retornado o respetivo tipo. De modo a evitar a sobreposição de gestos, foi definido um intervalo de 30 *frames* antes de passar para o próximo reconhecimento.



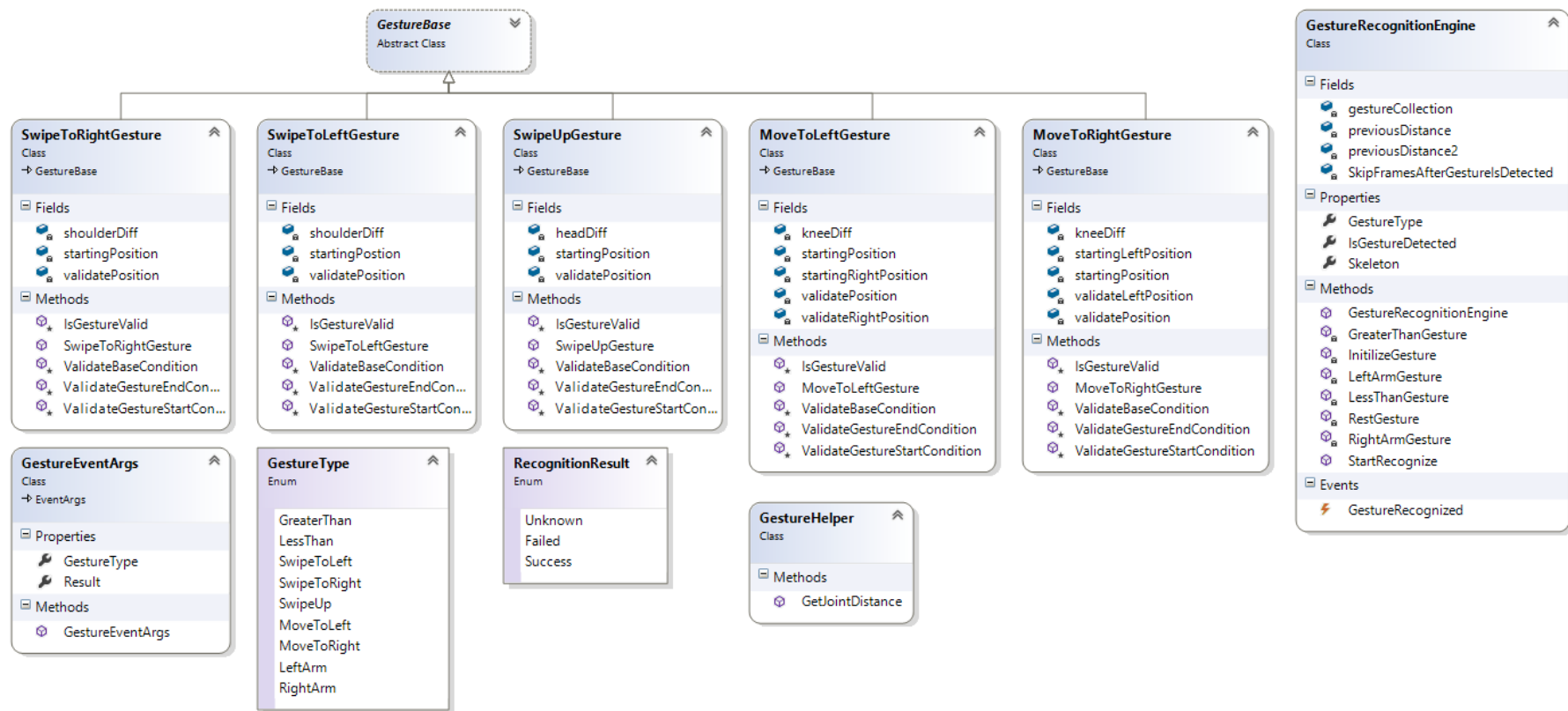


Figura 44 - Diagrama de classes do motor de reconhecimento de gestos

### 4.3.1 Reconhecimento de gestos algorítmicos

Como já foi afirmado na secção 3.2.2, os gestos algorítmicos necessitam de ser validados para várias condições. Primeiro, é importante definir as condições de partida, que têm de ser validadas antes de passar às próximas posições. Durante a execução do gesto, também é necessário validar, em cada *frame*, as condições estabelecidas. Por último, é necessário definir as condições que assinalam o fim do gesto. Neste sentido, foi criada a classe *GestureBase*, que contém a estrutura básica para todos os gestos algorítmicos. A Figura 45 ilustra o processo descrito anteriormente.

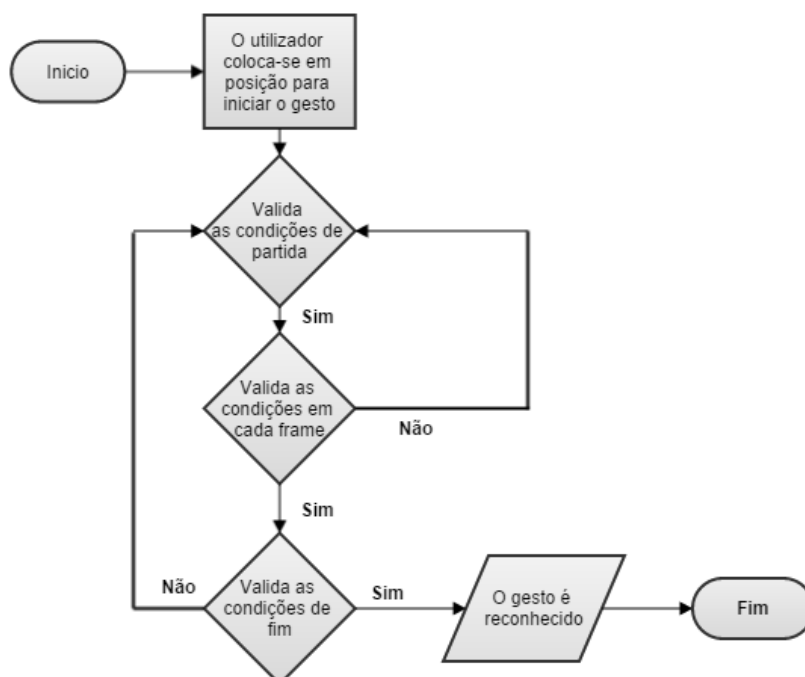


Figura 45 - Fluxograma do reconhecimento de gestos algorítmicos

#### 4.3.1.1 Gesto “Deslizar para a esquerda”

Para validar o gesto “Deslizar para a esquerda”, foram estabelecidas várias condições. Antes de começar, o braço esquerdo tem de estar para baixo, isto é, a mão esquerda tem de estar abaixo do respetivo ombro e da coluna. A mão direita tem de estar abaixo do ombro direito e acima do cotovelo direito. Durante a execução do gesto, a mão esquerda tem de estar na mesma posição e a mão direita deve-se manter sempre abaixo do ombro e acima do cotovelo; caso contrário a validação deste gesto é interrompida. Ao longo de um determinado número de *frames* pré-definido, a mão direita deverá mover-se para a esquerda. Assim que chegar ao fim dos *frames*, valida-se as condições que indicam o fim do gesto: a mão direita moveu-se pelo menos 10 cm desde o início e a distância entre a mão direita e o ombro esquerdo é relativamente pequena. A Figura 46 representa este gesto.

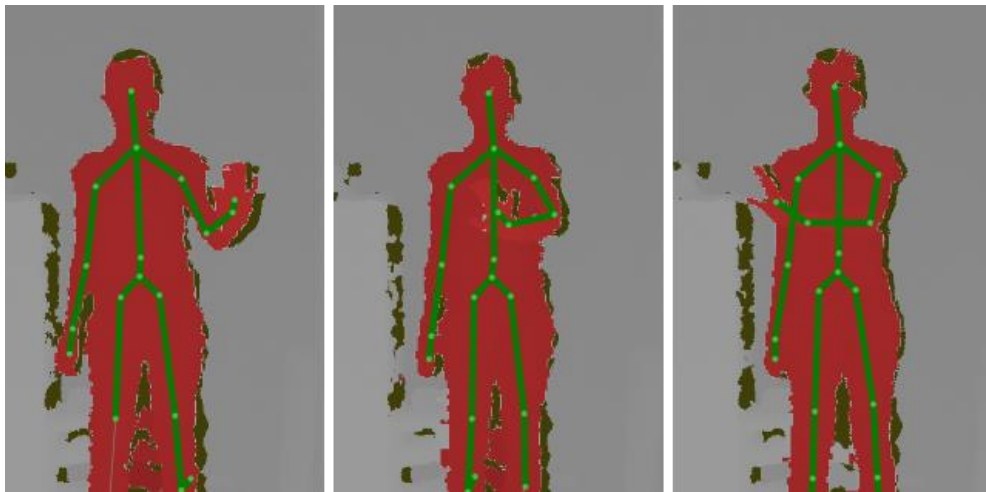


Figura 46 - Representação do gesto "Deslizar para a esquerda"

#### 4.3.1.2 Gesto "Deslizar para a direita"

Em relação ao gesto "Deslizar para a direita", as condições são semelhantes ao gesto referido anteriormente, com a exceção de que a mão deverá mover-se para a direita. O gesto termina quando a mão mover cerca de 10 cm desde o ponto de partida.

#### 4.3.1.3 Gesto "Deslizar para cima"

No que respeita ao gesto "Deslizar para cima", as condições já são diferentes, como se pode observar na Figura 47. A mão esquerda tem de estar abaixo do ombro e do cotovelo esquerdos antes dar início ao gesto. Durante a sua execução, a mão deverá manter-se acima do cotovelo e à esquerda da coluna, movendo-a de baixo para cima. Assim que a mão mover pelo menos 10 cm desde o ponto de partida e a distância entre esta e a cabeça for ligeiramente mínima, o gesto é reconhecido.

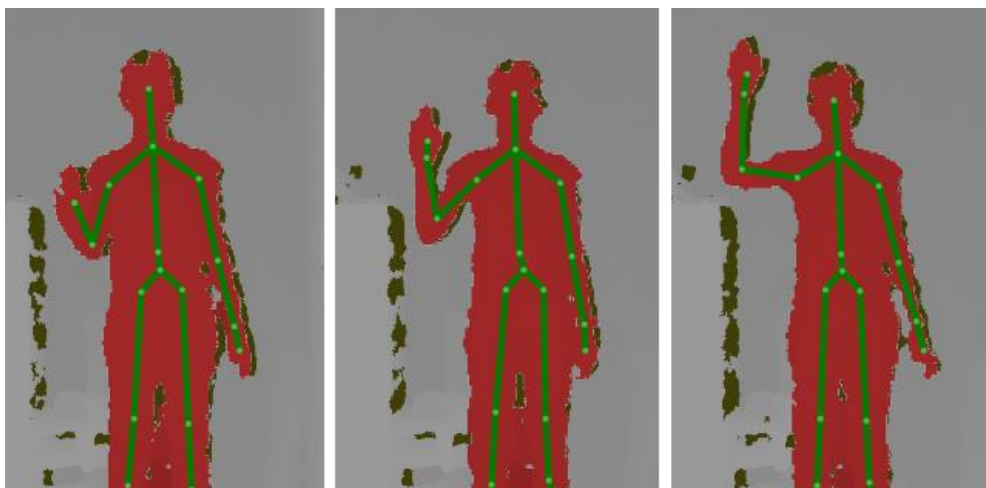


Figura 47 - Representação do gesto "Deslizar para cima"

#### 4.3.1.4 Gestor "Mover para a direita"

Para a validação do gestor "Mover para a direita", antes de executar o gestor, foram identificadas as seguintes restrições: o utilizador tem de estar de pé com as pernas ligeiramente afastadas uma da outra, ou seja, ambos os joelhos têm de estar abaixo das respetivas ancas e a distância entre os joelhos deve ser pequena. Ao longo da execução do gestor, o utilizador deverá manter-se sempre de pé e mover ambos os joelhos para a direita, caso contrário o gestor deixa de ser válido. Assim que chegar ao fim dos *frames*, verifica-se se os joelhos se moveram a uma distância significativa e se a distância entre ambos é pequena (Figura 48).

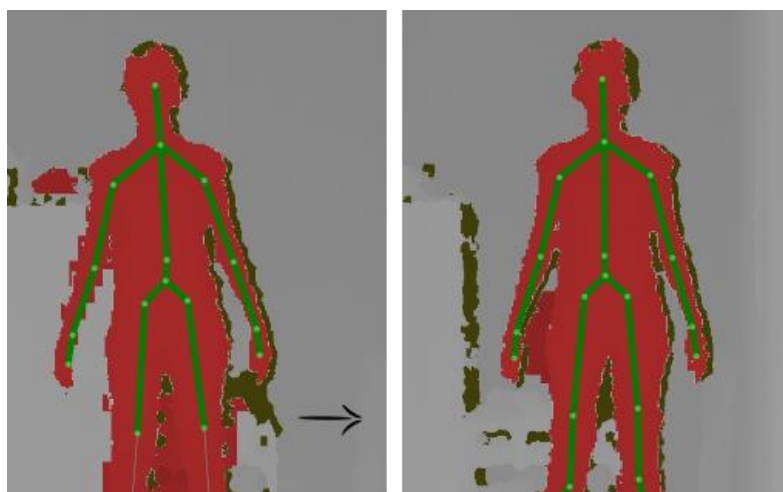


Figura 48 - Representação do gestor "Mover para a direita"

#### 4.3.1.5 Gestor "Mover para a esquerda"

Para o gestor "Mover para a esquerda", as condições são idênticas, com a exceção de se mover para a esquerda.

Aquando da deteção destes dois últimos gestos, o Kinect estava a 0,9 m do chão e o utilizador estava a uma distância de 1,5 m do sensor. Até esta distância, o sensor não detetava os pés do utilizador, pelo que se optou por detetar os joelhos para fazer o reconhecimento dos gestos.

### 4.3.2 Reconhecimento básico de gestos

Os restantes gestos são considerados gestos básicos; logo, as condições são apenas definidas previamente, não havendo necessidade de definir condições durante a execução do gestor. O gestor é reconhecido caso a ação executada pelo utilizador corresponder às condições estabelecidas.

#### 4.3.2.1 Gestor "Maior"

Para o gestor "Maior", foram designadas as seguintes condições: a mão direita tem de estar acima e à esquerda do cotovelo direito, isto é, o valor da coordenada Y da mão tem de ser maior que o da coordenada Y do cotovelo e valor da coordenada X da mão tem de ser inferior que da coordenada X do cotovelo. A mão esquerda tem de estar acima e à direita do cotovelo

esquerdo, ou seja, o valor da coordenada Y da mão tem de ser maior que o da coordenada Y do cotovelo e o valor da coordenada X da mão tem de ser superior ao da coordenada X do cotovelo. Por fim, a distância entre a mão esquerda e o cotovelo direito tem de ser relativamente curta, como se pode verificar na Figura 49.

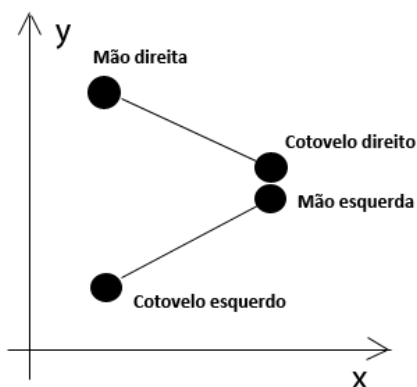


Figura 49 - Representação do gesto "Maior"

#### 4.3.2.2 Gesto "Menor"

Relativamente ao gesto "Menor", representado na Figura 50, a mão esquerda tem de estar acima e à direita do cotovelo esquerdo, ou seja, o valor da coordenada Y da mão tem de ser maior que o da coordenada Y do cotovelo e o valor da coordenada X da mão tem de ser superior ao da coordenada X do cotovelo. A mão direita tem de estar acima e à esquerda do cotovelo direito, isto é, o valor da coordenada Y da mão tem de ser maior que o da coordenada Y do cotovelo e valor da coordenada X da mão tem de ser inferior que da coordenada X do cotovelo. A distância entre a mão direita e o cotovelo esquerdo tem de ser relativamente curta.

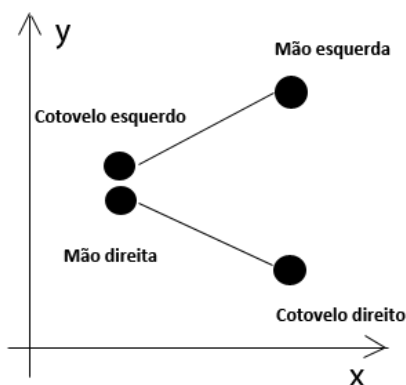


Figura 50 - Representação do gesto "Menor"

#### 4.3.2.3 Gesto "Braço esquerdo"

O gesto "Braço esquerdo" consiste em esticar o braço esquerdo para o mesmo lado, de modo a que fique perpendicular ao resto do corpo, ou seja, a mão, o cotovelo e o ombro esquerdo têm de estar na mesma coordenada Y e o braço direito paralelo ao corpo, tal como está demonstrado na Figura 51.

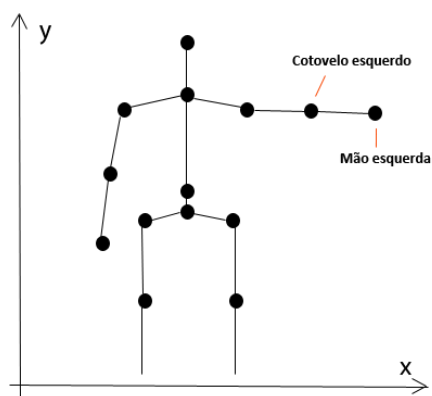


Figura 51 - Representação do gesto "Braço esquerdo"

#### 4.3.2.4 Gesto "Braço direito"

Em relação ao gesto "Braço direito", o braço tem de estar perpendicular ao resto do corpo, ou seja, a mão, o cotovelo e o ombro direito têm de estar na mesma coordenada Y e o braço esquerdo paralelo ao corpo, como indicado na Figura 52.

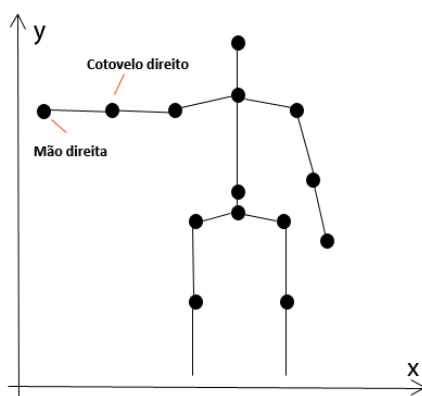


Figura 52 - Representação do gesto "Braço direito"

## 4.4 Conclusão

Neste capítulo foi apresentada a Matemática Interativa, uma aplicação educativa, que conjuga os conteúdos de Matemática com uma interface NUI, com o objetivo de ajudar os alunos do 3º ano na aprendizagem desta disciplina.

Ao utilizar o Kinect, os alunos necessitam de combinar o pensamento com gestos físicos, a fim de resolver os problemas propostos em cada atividade.

Dado que o motor de reconhecimento de gestos é um ponto fulcral no desenvolvimento deste trabalho, foi descrito todo o processo do seu desenvolvimento.

## 5 Avaliação

Antes do desenvolvimento da aplicação Matemática Interativa, descrita no capítulo anterior, foi avaliado o motor de reconhecimento de gestos, realizando vários testes, com o objetivo de verificar a sua eficiência e eficácia. Este procedimento foi desenvolvido de acordo com a metodologia em estrela, referida na secção 4.1, o que permitiu aperfeiçoar alguns aspetos durante o seu desenvolvimento.

O desenvolvimento da Matemática Interativa também adotou a metodologia em estrela, tendo sido efetuada apenas uma iteração, isto é, foi realizada apenas uma avaliação de usabilidade da aplicação.

Este capítulo reflete-se sobre duas avaliações: primeiro, sobre a avaliação do motor de reconhecimentos de gestos e, por último, sobre a avaliação de usabilidade, analisando e discutindo os resultados obtidos.

### 5.1 Avaliação do motor de reconhecimento de gestos

Antes de se dar início ao desenvolvimento da aplicação Matemática Interativa foi avaliado o motor de reconhecimento de gestos. Para a concretização desta avaliação foi desenvolvida uma pequena aplicação com o conjunto de gestos a serem utilizados posteriormente no protótipo. O objetivo era apresentar, durante um curto período de tempo, um determinado gesto e o utilizador tinha de o executar corretamente para ser reconhecido.

Aquando da deteção dos gestos, o Kinect estava, aproximadamente, a 0,80 m do chão e o utilizador estava a uma distância de 1,50 m do sensor.

Após uma primeira análise aos resultados de reconhecimento das amostras recolhidas relativamente aos gestos “Mover para a esquerda” e “Mover para a direita”, foram realizadas

algumas alterações de modo a aumentar a sua eficácia. Devido à distância a que se estava do Kinect, constatou-se que o sensor nem sempre detetava as articulações referentes aos pés, o que dificultava o reconhecimento dos gestos indicados anteriormente. Para resolver este problema e assegurar uma taxa mais elevada, optou-se por detetar as articulações referentes aos joelhos, em vez dos pés. Como previsto, após estas alterações, a taxa de reconhecimento de ambos os gestos tornou-se superior, sofrendo uma melhoria de 43% e de 17% no “Mover para a esquerda” e “Mover para a direita”, respetivamente. Na Figura 53 encontra-se um gráfico que apresenta uma comparação das taxas de reconhecimento de cada um dos gestos, antes e depois das alterações, na qual é possível observar as melhorias obtidas.

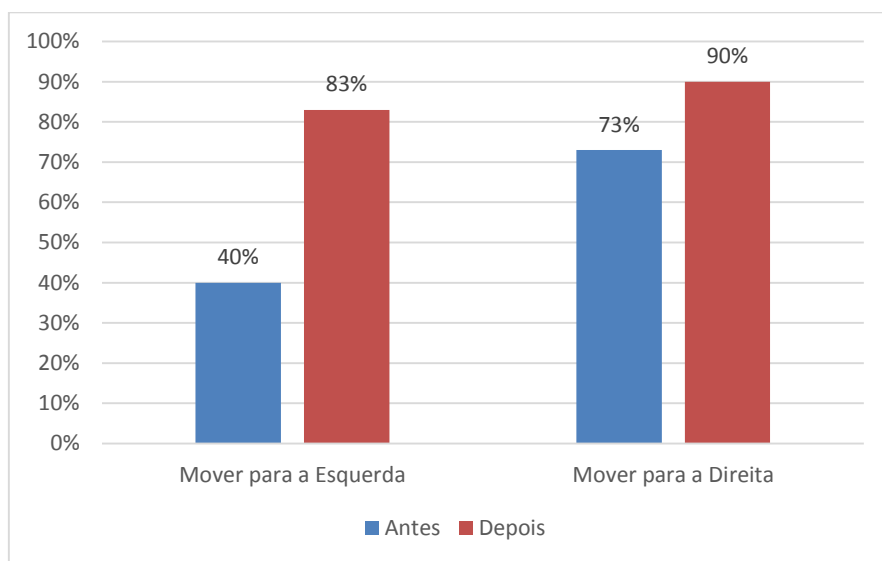


Figura 53 - Taxa de reconhecimento dos gestos “Mover para a esquerda” e “Mover para a direita” antes e depois das alterações efetuadas.

Para a realização desta avaliação, foram recolhidas 120 amostras realizadas por três participantes, sendo estipuladas 10 amostras para cada gesto, antes e depois das alterações.

Relativamente à concretização da avaliação de todos os gestos, foram recolhidas 450 amostras gestuais, realizadas por 5 participantes, sendo estipuladas 10 amostras para cada gesto. No Anexo A, encontram-se os resultados de reconhecimento das amostras de cada um dos participantes, tendo servido de base para a concretização desta avaliação. De acordo com a Figura 54, os gestos que tiveram uma maior taxa de reconhecimento foram o “Menor” e “Braço direito”. Os gestos “Maior” e “Menor” são idênticos a nível de cálculo de reconhecimento, no entanto o primeiro teve uma taxa de reconhecimento inferior, resultando uma diferença de 16% em relação ao “Menor”. O mesmo se aplica nos gestos “Braço direito” e “Braço esquerdo”, cuja diferença dos cálculos reside nas articulações. Estas diferenças nas taxas de reconhecimento têm a ver com a postura do participante. Por exemplo, pode ter levantado o braço esquerdo mais acima ao que era suposto, resultando um não reconhecimento do gesto. Durante esta avaliação, ocorreram falsos positivos relativamente aos gestos “Maior” e “Menor”, ou seja, estes gestos foram reconhecidos, sem que o participante os tenha executado intencionalmente.



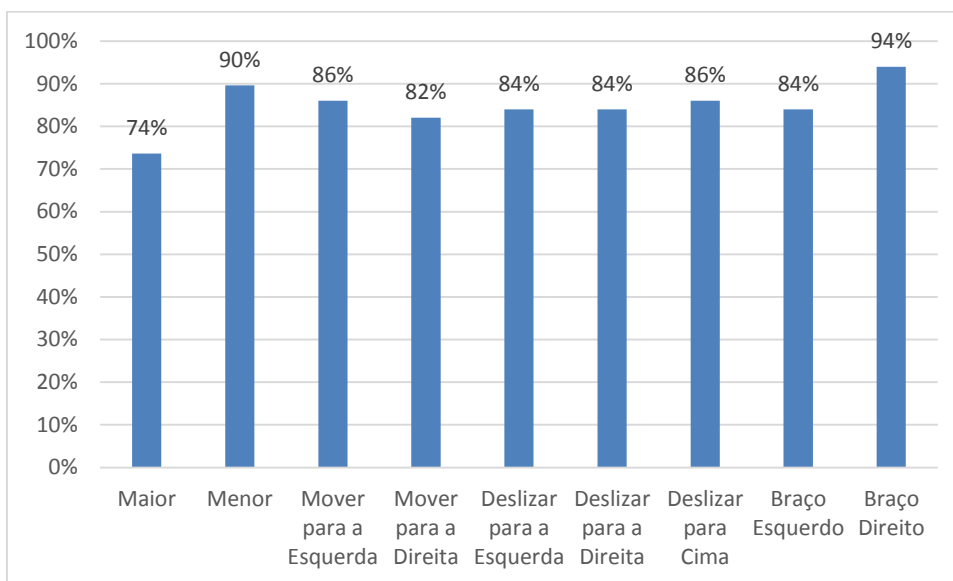


Figura 54 - Taxa de reconhecimento de cada gesto

De um modo geral, o motor de reconhecimento apresenta uma média de 85%, com um desvio-padrão de 5,17%, o que significa que a taxa de reconhecimento varia entre 79,8% e 90,2%.

Na Figura 55 estão representados os desvios-padrão de cada gesto, o que indica que os gestos “Maior” e “Mover para a direita” apresentam um valor mais elevado em comparação com os restantes. O gesto “Deslizar para a esquerda” expõe um desvio-padrão relativamente pequeno, com um valor de 5%, e os restantes gestos apresentam valores entre os 8% e os 12%.

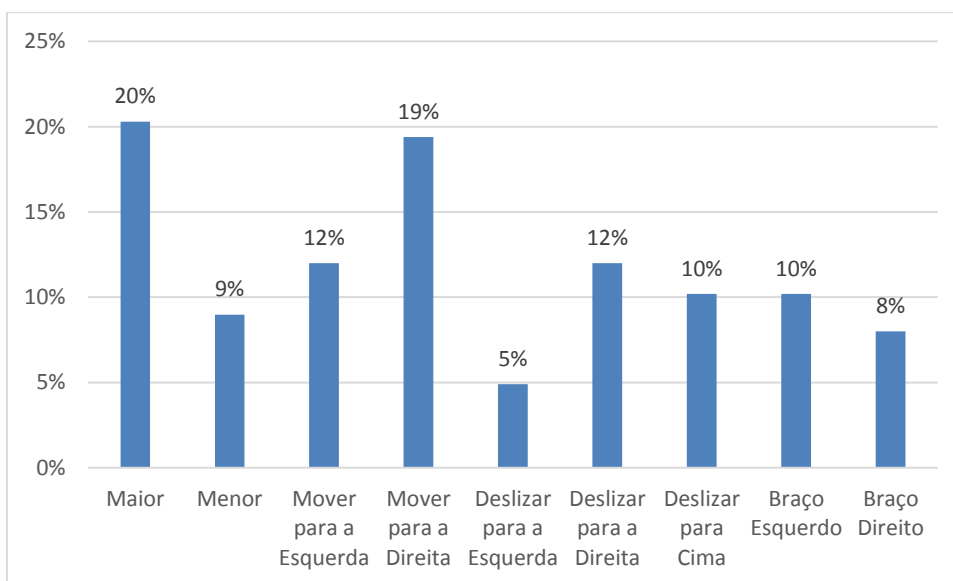


Figura 55 - Desvio-padrão de cada gesto

## 5.2 Avaliação de usabilidade da aplicação Matemática Interativa

A avaliação de usabilidade da Matemática Interativa consistiu na experimentação das várias atividades, realizada por um grupo de participantes, de modo a avaliar a ideia, a eficácia e a eficiência referentes à aplicação. Foi realizado um guião<sup>2</sup> que inclui uma descrição detalhada do objetivo da sessão, o conjunto de procedimentos a efetuar – apresentação, demonstração, experimentação, recolha de *feedback* – e uma estimativa do tempo necessário à realização de cada um desses procedimentos.

### 5.2.1 Procedimento

A sessão de avaliação decorreu no dia 2 de Outubro de 2014, na escola EB1 João de Deus e contou com a colaboração de um grupo de 12 participantes, constituído por professores e alunos. Inicialmente estavam previstos apenas 6 alunos, de acordo com o Anexo B. No entanto, colaboraram mais 3 alunos. Apesar dos conteúdos selecionados para a aplicação serem correspondentes ao 3º ano de escolaridade, foram escolhidos alunos que estão a iniciar o 4º ano, uma vez que esta sessão se realizou no início do ano letivo e, portanto, os alunos do 3º ano ainda não deram início à matéria abordada na aplicação.

Foram considerados dois estudos realizados por Virzi [48] e Nielsen [49] para definir o número de elementos a participar na sessão de avaliação. O estudo realizado por Virzi relaciona a percentagem de problemas de usabilidade detetados com o número de participantes numa sessão de avaliação. De acordo com o gráfico representado na Figura 56, é possível detetar aproximadamente 65% dos problemas com apenas 3 participantes. Esta percentagem aumenta para 80%, caso participem 5 elementos, e para 95% se a sessão for realizada com 9 participantes. Além disso, este estudo indica que os problemas de usabilidade mais importantes são mais propensos a serem encontrados com um número pequeno de elementos. Segundo o estudo realizado por Nielsen, semelhante ao anterior, o número de problemas de usabilidade detetados aumenta com um maior número de participantes. É possível encontrar 75% dos problemas de usabilidade com 5 participantes. Com base nestes dois estudos, é esperado que seja possível identificar a maior parte dos problemas de usabilidade encontrados na aplicação Matemática Interativa, com 9 participantes.

---

<sup>2</sup> Ver Anexo B.

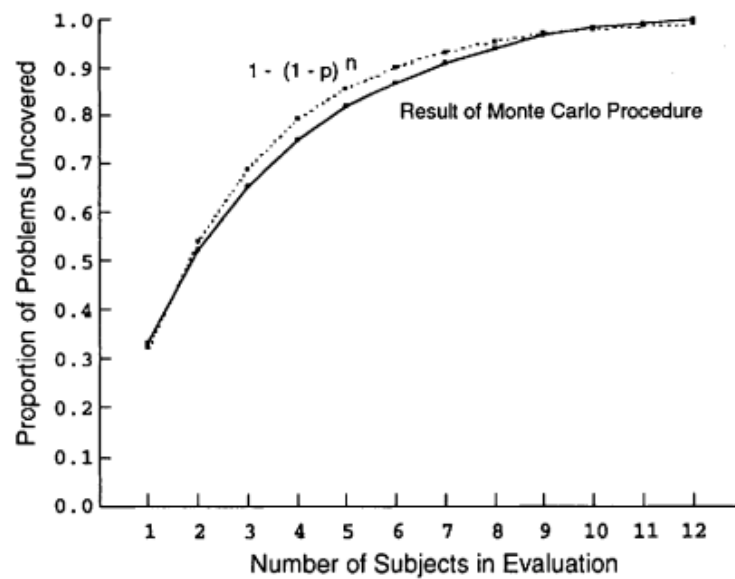


Figura 56 - Relação entre a percentagem de problemas de usabilidade detetados e o número de participantes da avaliação [48]

Para a realização da sessão, foi utilizado um computador com um processador Intel® Core™ i7-3630QM no qual se encontrava a aplicação e do sensor Kinect para a Xbox 360.

A sessão realizou-se durante o decorrer das aulas e, por isso, foi chamado um participante de cada vez para não causar perturbações. Para cada participante, foi exposto o objetivo da sessão, foram descritas as tarefas a executar, e realizada uma breve apresentação da aplicação, demonstrando as quatro atividades. Após a demonstração, seguiu-se a experimentação das atividades por parte dos alunos. Ao contrário do que estava planeado previamente, cada aluno experimentou as quatro atividades e não apenas duas, o que significa que a sessão demorou mais tempo do que estava previsto. Alguns participantes testaram algumas atividades mais do que uma vez, nomeadamente a “Maior e Menor” e a “Soma e Subtração” por serem cronometradas. Desta forma, foi dada a oportunidade de terem mais tempo para se habituarem às mesmas. Os professores assistiram à experimentação de alguns alunos, de modo a recolher, posteriormente, uma opinião sobre a aplicação por parte destes.

Após o término da experimentação de cada aluno e a observação de cada professor presentes na sessão, seguiu-se a recolha de informação, mediante de uma conversa informal com o propósito de dar resposta a um conjunto de questões que se encontram no guião da sessão.

### 5.2.2 Análise dos Resultados

Após a observação e a análise da experimentação de cada participante e consequente conversa, é possível afirmar que os resultados são, de um modo geral, bastante satisfatórios. Todos os participantes acharam a interface intuitiva e simples, entre os quais, os professores afirmaram estar bem adaptada para as crianças.

No que se refere aos gestos, observou-se que a maior parte dos alunos teve dificuldade em executar os gestos “Deslizar para a direita” e “Deslizar para a esquerda”, o que significa que a primeira atividade não teve bons resultados em comparação com as restantes. Apenas 2 dos 9 participantes conseguiram completar esta atividade até ao fim sem dificuldade. As atividades mais bem-sucedidas foram a “Maior e Menor” e a “Soma e Subtração”, nas quais a maior parte dos participantes conseguiu efetuar os gestos sem dificuldade. Apenas 1 participante teve mais dificuldade em executar ambas as atividades; contudo, foi bem-sucedido na atividade cujos gestos são os de “Deslizar”. Apesar da primeira atividade ter os resultados mais baixos a nível de reconhecimento de gestos, notou-se que esta despertou mais interesse do que a atividade “Decomposição”, devido aos seus objetivos e à sua interface. Relativamente às fotografias e ao registo de pontuações, os alunos também mostraram satisfação.

Tanto os alunos como os professores consideraram que a utilização da Matemática Interativa ou de outra aplicação interativa numa sala de aula seria pertinente, uma vez que ajuda a motivar e a potenciar o interesse pela disciplina, assim como obter sucesso na aprendizagem. Os professores sugeriram a introdução de graus de dificuldade e de outras matérias quer do 3º, quer de outros anos, dado que os alunos aprendem exercícios mais difíceis nas aulas. Além disso, um dos professores reconheceu que, atualmente, os alunos estão habituados às novas tecnologias, ou seja, adaptam-se melhor à interação natural, o que retrata um aspeto bastante importante. Nas salas de aula, é mais comum a utilização de quadros interativos do que os quadros tradicionais, o que torna a introdução de aplicações interativas mais acessível.

### 5.3 Conclusão

A realização da avaliação do motor de reconhecimento de gestos foi um fator muito importante no desenvolvimento deste projeto, pois foi possível identificar problemas na sua implementação e proceder à sua retificação, de modo a obter melhores resultados. Um dos problemas identificados foi a não deteção de algumas articulações por parte do sensor, devido à distância a que o sensor estava do chão e ao intervalo entre o utilizador e o sensor. Uma possível solução seria colocar o sensor a uma distância mais baixa do chão. Contudo, isso podia afetar a não deteção de outras articulações, como por exemplo, a cabeça e os ombros. Outra alternativa seria aumentar a distância entre o sensor e o utilizador, mas isso implicaria ocupar mais espaço, o que por vezes pode não ser possível. A alternativa mais viável consistiu em identificar outras articulações que fossem mais fáceis de detetar e que não afetassem o reconhecimento do gesto.

A realização da avaliação de usabilidade permitiu conhecer a opinião de possíveis utilizadores do projeto desenvolvido. Através deste *feedback*, foi possível identificar as funcionalidades efetuadas com sucesso, os aspetos que possam ser melhorados ou alterados e ainda possíveis ideias para desenvolvimento futuro.

De um modo geral, é possível afirmar que os participantes ficaram satisfeitos com as funcionalidades da aplicação, uma vez que conseguiram executar a maior parte das atividades da aplicação. Além disso, a opinião geral indica que a utilização da aplicação na sala de aula pode ajudar a motivar o interesse pela Matemática.

A maior parte dos participantes mostraram mais interesse pelas atividades “Maior e Menor” e “Soma e Subtração” por não terem dificuldade em executar os gestos dessas atividades. Os participantes sentiram mais dificuldade na execução dos gestos da atividade “Representação fracionária e decimal”, gerando alguma frustração. Porém, mostraram mais interesse por essa atividade do que pela de “Decomposição”, que, apesar de também ter havido dificuldade no reconhecimento dos gestos, não teve resultados tão baixos como a anterior.



## **6 Conclusão e Perspetivas de Trabalho Futuro**

O trabalho desenvolvido foca-se no apoio ao processo de ensino e aprendizagem dos fundamentos de Matemática do 1º ciclo do ensino básico. Neste sentido, foi necessário fazer o levantamento do estado da arte referente a trabalhos relacionados com o tema para criar um protótipo sob a forma de jogo. Este protótipo contém um motor de reconhecimento de gestos, que permite realizar a interação entre a aplicação e o utilizador. Sendo este protótipo utilizado maioritariamente por crianças, uma das preocupações fundamentais no seu desenvolvimento foi a nível de interface, para que esta fosse apelativa e intuitiva.

Neste último capítulo são apresentados os objetivos alcançados, e são ainda referidas as eventuais limitações e as perspetivas de trabalho futuro. Para finalizar, é apresentada uma apreciação final de todo o trabalho realizado.

### **6.1 Objetivos Alcançados**

Para dar início a este projeto, foi necessário realizar uma pesquisa bibliográfica referente aos conteúdos programáticos da disciplina de Matemática do 1º ciclo e de aplicações de apoio à aprendizagem. Esta pesquisa permitiu compreender quais os conteúdos com maior importância e dificuldade e tomar conhecimento no enquadramento da área da multimédia com a área educativa. Para além desta pesquisa, também foi necessário efetuar um levantamento do estado da arte referente a alguns dispositivos NUI, analisando as suas características e funcionalidades, no sentido de identificar qual o dispositivo que melhor se adequa ao desenvolvimento do projeto.

A principal tarefa deste projeto consistiu no desenvolvimento de uma ferramenta de apoio ao ensino e aprendizagem da Matemática que fosse interativa. Para tal, foi estudado o funcionamento do Kinect, focando-se principalmente na implementação e reconhecimento de gestos.

A solução proposta consistiu numa aplicação NUI, dividida em quatro atividades relacionadas com os números racionais não negativos, com a qual os utilizadores interagem através de gestos. Foi realizada uma avaliação ao motor de reconhecimento de gestos para verificar a sua eficiência e ainda descobrir melhorias ao nível de implementação dos gestos.

Para avaliar a eficiência e eficácia da solução proposta, foi realizada uma sessão de avaliação de usabilidade. Esta avaliação permitiu conhecer a opinião dos utilizadores envolvidos no projeto e identificar as funcionalidades bem-sucedidas.

Os objetivos estabelecidos no início do projeto foram alcançados. No entanto, ainda há conceitos que podem sofrer alterações e melhorias, de forma a tornar a experiência do utilizador mais agradável e com melhores resultados.

## **6.2 Limitações e Trabalho Futuro**

O objetivo principal deste trabalho foi alcançado com sucesso. No entanto, o protótipo descrito nesta dissertação apresenta algumas limitações e oportunidades de evolução.

### **6.2.1 Grau de dificuldade**

Todas as atividades presentes na Matemática Interativa, com a exceção da primeira, apresentam números pseudoaleatórios, o que significa que não existe um grau de dificuldade implementado. Seria útil, em cada nível da respetiva atividade, aumentar o grau de dificuldade da mesma.

### **6.2.2 Abranger outras matérias**

A aplicação centra-se apenas numa matéria do 3º ano de Matemática: os números racionais não negativos. Contudo, com base no *feedback* positivo na avaliação de usabilidade, seria interessante ampliar os conteúdos desse ano e também de outros anos.

### **6.2.3 Realização de um tutorial multimédia**

Na Matemática Interativa, cada atividade dispõe de uma opção de ajuda, que indica qual o objetivo dessa atividade e respetivas instruções. Ambos se encontram sob a forma de texto. No entanto, substituir as instruções por imagens que ilustram os gestos necessários, darão uma melhor compreensão ao utilizador.



#### **6.2.4 Expansão do uso de interação natural à totalidade da interface**

Apenas a interação entre o utilizador e as atividades consiste numa interação natural. O resto da aplicação recorre ao rato e ao teclado, nomeadamente, na seleção do menu e no registo das pontuações. Para que a Matemática Interativa seja completamente uma aplicação NUI, o ideal será expandir o uso de interação natural a estas funcionalidades.

#### **6.2.5 Alteração ou melhoria de alguns gestos**

Durante a sessão de avaliação de usabilidade, constatou-se que grande parte dos alunos tinham dificuldade em executar determinados gestos, nomeadamente, o “Deslizar para a esquerda” e o “Deslizar para a direita”. Uma solução passaria por melhorar o reconhecimento desses gestos, tirando algumas restrições, de modo a dar mais liberdade na sua execução ou então substituir esses gestos por outros que sejam mais simples de executar.

#### **6.2.6 Utilização do novo Kinect**

Este ano surgiu um novo Kinect para a Xbox One e com ele vieram melhorias significativas, em particular, na capacidade de alta resolução da câmara RGB; passa a ter uma resolução de 1920x1080 píxeis a 30 fotogramas por segundo. Além disso, este sensor consegue detetar até 25 articulações [50].

Seria importante, futuramente, utilizar o novo sensor juntamente com a aplicação. Contudo, primeiro é necessário verificar se o motor de reconhecimento de gestos implementado é compatível com o novo Kinect ou se é necessário alterá-lo de modo a que utilize o SDK associado ao sensor.

#### **6.2.7 Integração da aplicação com ecrã de grandes dimensões**

A aplicação foi sempre testada num computador, com a resolução de 600x800 píxeis. Seria interessante experimentar a sua utilização em ecrãs de grandes dimensões, em particular, os quadros interativos, visto que esses são utilizados com muita frequência nas salas de aula.

### **6.3 Apreciação Final**

Este projeto foi extremamente gratificante a nível pessoal, dado que permitiu adquirir e consolidar bastantes conhecimentos, quer a nível tecnológico, sendo abordados conceitos relacionados com interfaces naturais, quer a nível pedagógico.

O desenvolvimento do protótipo permitiu enriquecer capacidades que se referem ao desenvolvimento de *software* e design.

Durante a realização da sessão de avaliação de usabilidade, a autora ficou bastante satisfeita com os resultados obtidos e também com o entusiasmo e empenho dos alunos ao experimentarem as atividades. Desta forma, fica o desejo de um dia observar o surgimento da aplicação Matemática Interativa e de outras do mesmo género nas salas de aulas, cumprindo assim o objetivo com que foi concebida.

# Referências

- [1] G. S. Cardoso e A. E. Schmidt, “Biblioteca de Funções para Utilização do Kinect em Jogos Eletrónicos e Aplicações NUI”.
- [2] Center Digital Education, “Learning Through Motion,” 2012. [Online]. Available: <http://www.microsoft.com/education/ww/products/Pages/kinect.aspx>. [Acedido em Setembro 2014].
- [3] Microsoft, [Online]. Available: <http://www.microsoft.com/en-us/default.aspx>. [Acedido em Junho 2014].
- [4] J. P. Ponte, L. Serrazina, H. M. Guimarães, A. Breda, F. Guimarães, H. Sousa, L. Menezes, M. E. Martins e P. A. Oliveira, “Programa de Matemática do Ensino Básico,” [Online]. Available: <http://www.dgicd.min-edu.pt/ensinobasico/index.php?s=directorio&pid=71>. [Acedido em Abril 201].
- [5] Ministério da Educação e Ciência, “Programa e Metas Curriculares Matemática,” 2013. [Online]. Available: [http://dge.mec.pt/metascurriculares/data/metascurriculares/E\\_Basico/programa\\_matematica\\_basico.pdf](http://dge.mec.pt/metascurriculares/data/metascurriculares/E_Basico/programa_matematica_basico.pdf). [Acedido em Abril 2014].
- [6] A. Rodrigues e L. Azevedo, Pasta Mágica - Matemática 3 - 3.º Ano, Areal Editores.
- [7] “Brainingcamp - Educational Math Software & Apps,” Brainingcamp, [Online]. Available: <http://www.brainingcamp.com/index.html>. [Acedido em Março 2014].
- [8] “Fractions,” iTunes, [Online]. Available: <https://itunes.apple.com/us/app/fractions-by-brainingcamp/id471353363?mt=8>. [Acedido em Março 2014].
- [9] “IXL Maths - Online maths practice and lessons,” IXL, [Online]. Available: <http://eu.ixl.com/>. [Acedido em Março 2014].
- [10] “KinectEDucation,” KinectEDucation, [Online]. Available: <http://www.kinecteducation.com/>. [Acedido em Março 2014].
- [11] “Kinect Math,” [Online]. Available: <http://kinectmath.org/>. [Acedido em Março 2014].
- [12] J. A. Brunson, KinectMath User Manual, Washington, 2012.
- [13] “Kin-Educate: An educational game for the Kinect,” [Online]. Available: <http://kin-educate.blogspot.pt/2012/05/kin-educate-educational-game-for-kinect.html>. [Acedido em Março 2014].

- [14] E. Lee, X. Liu e X. Zhang, "Xdigit: An Arithmetic Kinect Game to Enhance Math Learning Experiences".
- [15] "Unity - Game Engine," Unity, [Online]. Available: <http://unity3d.com/>. [Acedido em Junho 2014].
- [16] "Jumpido: Educational games for Kinect," Jumpido, [Online]. Available: <http://www.jumpido.com/>. [Acedido em Junho 2014].
- [17] Z. Zhang, "Microsoft Kinect sensor and its effect," *Multimedia, IEEE*, vol. 19, pp. 4-10, 2012.
- [18] "3D Sensing Technology Solutions - PrimeSense," [Online]. Available: <http://www.primesense.com/>. [Acedido em Fevereiro 2014].
- [19] "Kinect for Windows Sensor Components and Specifications," Microsoft, [Online]. Available: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj131033.aspx>. [Acedido em Fevereiro 2014].
- [20] "Installing and Using the Kinect Sensor - Channel 9," Channel 9, [Online]. Available: <http://channel9.msdn.com/Series/KinectSDKQuickstarts/Understanding-Kinect-Hardware>. [Acedido em Fevereiro 2014].
- [21] K. Khoshelham e S. O. Elberink, "Accuracy and Resolution of Kinect Depth Data for Indoor Mapping Applications," *Sensors*, vol. 12, pp. 1437-1454, 2012.
- [22] L. Cruz, D. Lucio e L. Velho, "Kinect and RGBD Images: Challenges and Applications," *SIBGRAPI Conference on Graphics, Patterns and Images Tutorials*, pp. 36-49, 2012.
- [23] "Coordinate Spaces," Microsoft, [Online]. Available: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh973078.aspx>. [Acedido em Março 2014].
- [24] K. Tanaka, J. Parker, G. Baradoy, D. Sheehan, J. R. Holash e L. Katz, "A Comparison of Exergaming Interfaces for Use in Rehabilitation Programs and Research," vol. 6, pp. 69-81, 2012.
- [25] "Wii Oficial Site," Nitendo, [Online]. Available: <https://www.nintendo.com/wii/what-is-wii/#/tech-specs>. [Acedido em Fevereiro 2014].
- [26] "Nintendo Wii Review," cnet, [Online]. Available: [http://reviews.cnet.com/consoles/nintendo-wii-original-wii/4505-10109\\_7-31355104.html](http://reviews.cnet.com/consoles/nintendo-wii-original-wii/4505-10109_7-31355104.html). [Acedido em Fevereiro 2014].
- [27] "Managed Library for Nintendo's Wiimote," Codeplex, [Online]. Available: <http://wiimotelib.codeplex.com/>. [Acedido em Fevereiro 2014].
- [28] "PlayStation Move," PlayStation, [Online]. Available: <http://us.playstation.com/ps3/playstation-move/product-information/>. [Acedido em Fevereiro 2014].
- [29] "PlayStation Move," PlayStation, [Online]. Available: <http://us.playstation.com/ps3/playstation-move/>. [Acedido em Fevereiro 2014].
- [30] "The PlayStation Move: Motion Detection Gets A Sony-Sanctioned, Academic- And Enthusiast-

- Developer Groove,” Embedded Vision Alliance, 27 Julho 2011. [Online]. Available: <http://www.embedded-vision.com/news/2011/07/27/playstation-move-motion-detection-gets-sony-sanctioned-academic-and-entusiast-devel>. [Acedido em Fevereiro 2014].
- [31] S. Lowe, “The Tech Behind PlayStation Move,” 17 Setembro 2010. [Online]. Available: <http://uk.ign.com/articles/2010/09/18/the-tech-behind-playstation-move>. [Acedido em Fevereiro 2014].
- [32] F. Weichert, D. Bachmann, . B. Rudak e D. Fisseler, “Analysis of the Accuracy and Robustness of the Leap Motion Controller,” *Sensors*, vol. 6393, p. 6380, 2013.
- [33] “Leap Motion Developer,” [Online]. Available: <https://developer.leapmotion.com/>. [Acedido em Fevereiro 2014].
- [34] “Xtion PRO LIVE,” Asus, [Online]. Available: [http://www.asus.com/Multimedia/Xtion\\_PRO\\_LIVE/](http://www.asus.com/Multimedia/Xtion_PRO_LIVE/). [Acedido em Fevereiro 2014].
- [35] D. Catuhe, Programming with the Kinect for Windows Software Development Kit.
- [36] J. Webb e J. Ashley, Beginning Kinect Programming with the Microsoft Kinect SDK, apress.
- [37] J. Shotton, A. Fitzgibbon, M. Cook, T. Sharp, M. Finocchio, R. Moore, A. Kipman e A. Blake, “Real-time human pose recognition in parts from single depth images,” *CVPR*, 2011.
- [38] A. Jana, Kinect for Windows SDK Programming Guide, Packt Publishing, 2012.
- [39] G. Duncan, “Kinect gestures, an implementation walk through,” 6 Fevereiro 2014. [Online]. Available: <http://channel9.msdn.com/coding4fun/kinect/Kinect-gestures-an-implementation-walk-through>. [Acedido em Junho 2014].
- [40] M. J. Foley, “Commercial version of Kinect for Windows development kit due in early 2012,” ZDNet, 31 Outubro 2011. [Online]. Available: <http://www.zdnet.com/blog/microsoft/commercial-version-of-kinect-for-windows-development-kit-due-in-early-2012/11107>. [Acedido em Junho 2014].
- [41] “OpenNI,” [Online]. Available: <http://www.openni.org/>. [Acedido em Abril 2014].
- [42] “OpenNI To Close,” I Programmer, Fevereiro 2014. [Online]. Available: <http://www.i-programmer.info/news/194-kinect/7004-openni-to-close-.html>. [Acedido em Junho 2014].
- [43] “XNA Game Studio 4.0 Refresh,” Microsoft, [Online]. Available: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb200104.aspx>. [Acedido em Agosto 2014].
- [44] T. B. Kvamme e J. E. Strøm, “Evaluation and Extension of an XNA Game Library used in Software Architecture Projects,” Master of Science in Computer Science, Norwegian University of Science and Technology, 2008.

- [45] "3D Graphics for Windows Phone 7 Using the XNA Framework," Code Project, [Online]. Available: <http://www.codeproject.com/Articles/176162/D-Graphics-for-Windows-Phone-Using-the-XNA-Fram>. [Acedido em Agosto 2014].
- [46] D. Hix e H. R. Hartson, *Developing User Interfaces: Ensuring Usability Through Product & Process*, New York: John Wiley & Sons, Inc, 1993.
- [47] B. W. Boehm, "A Spiral Model of Software Development and Enhancement," *IEEE Computer*, vol. 21, pp. 61-72, 1988.
- [48] R. A. Virzi, "Refining the test phase of usability evaluation: How many subjects is enough?," *Human Factors*, vol. 34, nº 4, pp. 457-468, 1992.
- [49] J. Nielsen, "Usability Engineering," *Morgan Kaufmann*, vol. 44, 1993.
- [50] "Kinect for Windows features," Microsoft, [Online]. Available: <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/meetkinect/features.aspx>. [Acedido em Outubro 2014].

## **Anexo A**

**Tabela de resultados de reconhecimento das amostras referentes aos gestos**





Tabela 1 - Resultados de reconhecimento das amostras referentes aos gestos de cada participante

	Participante	1	2	3	4	5	Total
<b>Maior</b>	Rec.	7 <sup>3</sup>	10	5	8	5	35
	Não Rec.	1	0	5	2	5	13
	%	88%	100%	50%	80%	50%	<b>74</b>
<b>Menor</b>	Rec.	8 <sup>4</sup>	8	10	10	8	44
	Não Rec.	1	2	0	0	2	5
	%	88%	80%	100%	100%	80%	<b>90%</b>
<b>Mover para a Esquerda</b>	Rec.	10	8	8	10	7	43
	Não Rec.	0	2	2	0	3	7
	%	100%	80%	80%	100%	70%	<b>86%</b>
<b>Mover para a Direita</b>	Rec.	10	7	9	10	5	41
	Não Rec.	0	3	1	0	5	9
	%	100%	70%	90%	100%	50%	<b>82%</b>
<b>Deslizar para a Esquerda</b>	Rec.	8	9	8	8	9	42
	Não Rec.	2	1	2	2	1	8
	%	80%	90%	80%	80%	90%	<b>84%</b>
<b>Deslizar para a Direita</b>	Rec.	7	9	7	9	10	42
	Não Rec.	3	1	3	1	0	8
	%	70%	90%	70%	90%	100%	<b>84%</b>
<b>Deslizar para Cima</b>	Rec.	8	9	9	7	10	43
	Não Rec.	2	1	1	3	0	7
	%	80%	90%	90%	70%	100%	<b>86%</b>
<b>Braço Esquerdo</b>	Rec.	10	8	7	9	8	42
	Não Rec.	0	2	3	1	2	8
	%	100%	80%	70%	90%	80%	<b>84%</b>
<b>Braço Direito</b>	Rec.	10	10	8	9	10	47
	Não Rec.	0	0	2	1	0	3
	%	100%	100%	80%	90%	100%	<b>94%</b>

<sup>3</sup> Ocorreram 2 falsos positivos, isto é, o gesto foi reconhecido sem o utilizador o executar.

<sup>4</sup> Ocorreu 1 falso positivo, isto é, o gesto foi reconhecido sem o utilizador o executar.



## **Anexo B**

**Guião da sessão de avaliação de usabilidade do protótipo  
Matemática Interativa**



# Guião da sessão para a avaliação de usabilidade do protótipo Matemática Interativa

Aluna: Helena Araújo

Orientador: Professor João Paulo Pereira

Setembro, 2014

## INTRODUÇÃO

O projeto Matemática Interativa foi desenvolvido no âmbito da dissertação “Utilização do Kinect no apoio ao ensino/aprendizagem dos fundamentos da Matemática” para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Informática, na Área de Especialização em Sistemas Gráficos e Multimédia no Instituto Superior de Engenharia do Porto.

O trabalho apresentado pretende contribuir para a área educativa, investigando a utilidade do recurso a novas tecnologias informáticas – nomeadamente as interfaces naturais vulgarmente encontradas nas consolas de jogos – no ensino/aprendizagem da Matemática; mais concretamente, de alguns dos conteúdos lecionados no 3.º ano do ensino básico. Sendo a Matemática uma das disciplinas que apresenta maior dificuldade de aprendizagem, a abordagem adotada recorre às novas tecnologias na área de multimédia por forma a motivar, desenvolver e potenciar o interesse pela disciplina e, conseqüentemente, contribuir para o incremento da taxa de sucesso na aprendizagem.

O objetivo desta sessão consiste em avaliar a ideia, a eficácia e a eficiência referentes ao desenvolvimento do jogo Matemática Interativa, recorrendo às potencialidades do sensor Kinect, um dispositivo de interação natural baseado em sensores de movimentos. O jogo contém quatro minijogos relacionados com os números racionais não negativos (Figura 1).

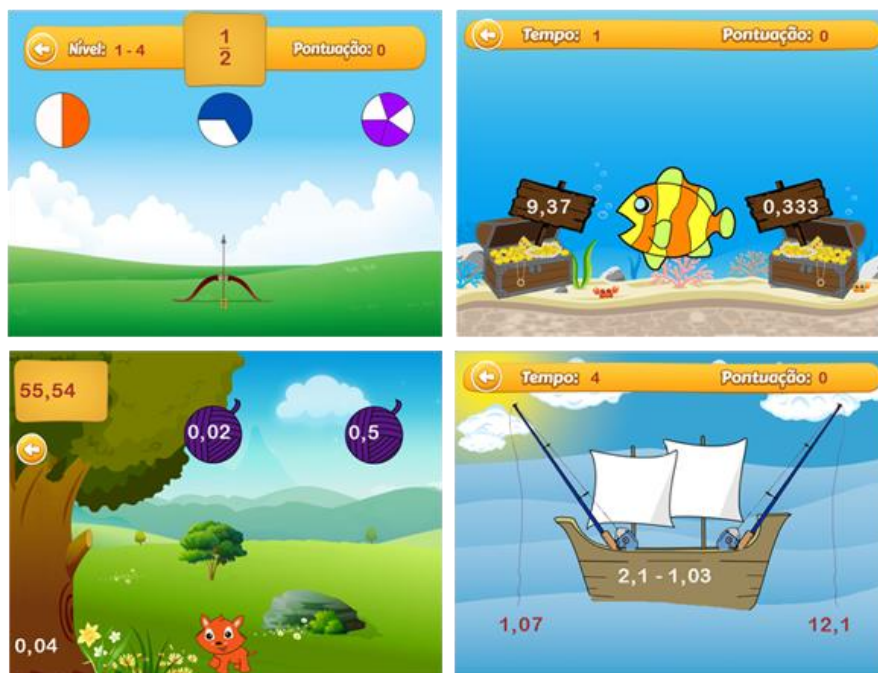


Figura 1 - Minijogos

## PARTICIPANTES

- Seis alunos a iniciar o 4.º ano do ensino básico;
- Professores do ensino básico;
- Investigadora e orientador.

## PLANEAMENTO

O programa da sessão será constituído pelo seguinte conjunto de procedimentos:

- Apresentação: descrição do projeto;
- Demonstração: apresentação do protótipo e demonstração dos quatro minijogos;
- Experimentação: de modo a que este procedimento não seja muito extenso, cada aluno irá testar apenas dois dos quatros minijogos;
- Recolha de informação: após a experimentação, é necessário recolher a opinião dos alunos e dos professores presentes na sessão, mediante a realização de uma conversa informal na qual se procurará dar resposta a um conjunto de questões:
  - Opinião global;
  - Adequação à faixa etária;
  - Nível de dificuldade;
  - Quais os gestos que acharam mais fáceis/complicados de executar?
  - Quais os gestos que mais gostaram de fazer?
  - O que é que mais/menos gostaram do jogo?
  - Ideias e sugestões de aperfeiçoamento do jogo;
  - A utilização do jogo ajuda a motivar o interesse pela matemática?
  - Considera que a utilização de um jogo interativo pode ajudar a motivar e a potenciar o interesse pela disciplina?
  - Ter um jogo de aprendizagem na sala de aula ajuda a obter sucesso na aprendizagem?

Estima-se que a duração total da sessão será cerca de 90 minutos. A Tabela 1 indica os tempos estimados para cada procedimento.

*Tabela 1 - Programa da sessão*

Apresentação	5 minutos
Demonstração do protótipo do jogo	15 minutos
Experimentação do jogo	50 minutos
Recolha de informação	20 minutos

Muito obrigada pela colaboração e disponibilidade.