

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



Plataforma de Apoio à Terapia de Reabilitação e Manutenção de Doentes de Parkinson

Filipe Daniel Magalhães Vieira

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Major Telecomunicações

Orientador: Prof. Dr. Miguel Velhote Correia
Co-orientador: Eng.º João Correia

Janeiro 2013

© Filipe Vieira, 2013

Resumo

A Doença de Parkinson é uma doença degenerativa e lentamente progressiva do sistema nervoso central, que afeta o sistema motor responsável pelos movimentos corporais e manifesta-se principalmente através de rigidez muscular, tremores, diminuição de mobilidade e instabilidade postural. Afeta tipicamente pessoas idosas e ocorre devido à degradação progressiva das células nervosas, responsáveis pelo controlo dos movimentos musculares, prejudicando a qualidade de vida diária do doente.

Atualmente não há cura para a Doença de Parkinson, contudo existe uma ampla variedade de tratamentos clínicos que permitem controlar os sintomas e retardar a sua progressão. Quer seja por tratamento medicamentoso ou cirúrgico, para que se obtenha o efeito desejado eles devem ser acompanhados por um tratamento de fisioterapia.

A fisioterapia é um complemento fundamental na preservação das funções motoras dos pacientes. Não só promove o exercício físico como mantém ativos os músculos e preserva a mobilidade, essenciais para uma melhoria muscular, de coordenação motora e do equilíbrio. Mas nem sempre é possível aos fisioterapeutas incentivar e motivar a prática de exercício físico fora das sessões de fisioterapia.

Como resposta a este problema, surge esta tese cujo objetivo foi desenvolver uma plataforma de jogos que promovam a prática de exercício físico através da captura de movimentos do Kinect, adaptado a um ambiente gráfico simples e intuitivo e que permita aos fisioterapeutas acompanhar e avaliar o seu progresso.

Essa plataforma divide-se em dois programas de conceitos diferentes. Um é um jogo em que o objetivo é o utilizador usar movimentos livres e sem restrições e o outro consiste na cópia de movimentos gravados pelo fisioterapeuta, com exercícios de fisioterapia específicos.

Os resultados alcançados permitiram concluir que houve uma adaptação positiva dos pacientes à tecnologia usada e que o conceito de usar a captura de movimentos é um meio adequado para o incentivo à prática de exercício físico como complemento à fisioterapia.

Palavras-chave Captura de movimentos, doença de Parkinson, fisioterapia, jogos e Kinect

Página em branco

Abstract

Parkinson's disease is a degenerative disorder of the central nervous system. Progressively slows the motor system responsible for body movements and manifests itself mainly through muscle rigidity, tremors, decreased mobility and postural instability. Parkinson's disease typically affects older people and occurs due to the progressive degradation of the nerve cells responsible for controlling muscle movements, diminishing daily life's quality of the patient.

Currently there is no cure for Parkinson's Disease, however there is a wide variety of clinical treatments that slow its progression and control its symptoms. Whether by means of medical or surgical treatment, it must be accompanied by physiotherapy treatment.

Physiotherapy is an essential complement to the preservation of patient's motor functions. By promoting physical exercise it keeps the muscles active and preserves mobility, essentially by improving muscular activity, motor coordination and balance. However, it is not always possible to the physiotherapists to encourage and control the exercises outside of the therapy sessions.

This thesis aims to address this issue by developing a game platform that promotes physical exercise through the capture of movements, adapting the Kinect movement capture ability to a simple and intuitive graphical environment which allows physiotherapists to keep up with and evaluate patients progress.

This platform is divided in two different programs with distinct concepts. The first is a game whose objective is to use unrestricted movements and the latter enables patients to perform specific physiotherapy exercises through the copy of exercises recorded by the physiotherapists.

The results achieved have concluded that there has been a positive adaption of patients to the used technology and that the concept of capturing movements is a suitable mean to encourage the practice of physical exercise as a complement to physiotherapy when treating degenerative diseases, such as Parkinson disease.

Keywords Games, Kinect, motion capture, Parkinson's disease and physical therapy

Página em branco

Agradecimentos

Este espaço é dedicado àqueles que muito contribuíram e apoiaram para que este trabalho fosse realizado. A todos eles deixo o meu agradecimento sincero.

Quero agradecer em primeiro lugar à Inovamais e especialmente ao Eng. João Correia por me terem concedido a oportunidade de realizar esta dissertação e por todo o apoio prestado ao longo do trabalho.

Ao meu orientador Prof. Miguel Velhote Correia pela sua disponibilidade e orientação, pelas suas sugestões, críticas e toda a ajuda prestada.

Agradeço à minha família todo o apoio incondicional em todas as decisões da minha vida e pela sua enorme paciência. Agradeço-lhes com todo o meu amor e carinho pela educação que me deram e sobretudo pelo seu esforço para que meus objetivos fossem atingidos. É graças a eles que me tornei na pessoa que sou hoje.

À Alexandra, à Carla e à Tatiana um agradecimento especial pela vossa amizade e pelos bons momentos partilhados.

Por último, agradeço a todos os meus amigos que fazem parte da minha vida.

A todos o meu muito obrigado,
Filipe Vieira

Página em branco

Índice

Resumo	iii
Abstract	v
Agradecimentos	viii
Índice	x
Lista de figuras	xii
Lista de tabelas	xiv
Abreviaturas e Símbolos	xv
Capítulo 1	1
Introdução	1
1.1 - Enquadramento	1
1.2 - O problema	2
1.3 - Motivação e Objetivos	2
1.4 - Principais Contribuições	3
1.5 - Plano de trabalho e Organização do documento	4
Capítulo 2	6
Revisão Bibliográfica e Estado da Arte.....	6
2.1 - Doença de Parkinson	6
2.1.1 - Principais sintomas	7
2.1.2 - Tratamentos	8
2.2 - Fisioterapia no tratamento da DP.....	8
2.3 - MoCap: Motion Capture	9
2.3.1 - Sistema mecânico	10
2.3.2 - Sistema ótico	10
2.3.3 - Sistema eletromagnético	10
2.3.4 - Funcionamento.....	11
2.4 - Jogos de vídeo e exercício - Exergames	11
2.5 - Projetos Similares.....	12
Capítulo 3	14
Meios e Métodos	14
3.1 - Microsoft Kinect.....	14

3.2 - Kinect SDK.....	17
3.3 - Motor de Jogo (Game Engine)	19
3.3.1 - XNA Game Studio	19
3.3.2 - Unity 3D	21
3.4 - Justificação das opções de projeto.....	23
Capítulo 4	25
Implementação.....	25
4.1 - Requisitos	25
4.2 - Jogo fisioterapêutico para doentes de Parkinson	26
4.2.1 - Arquitetura	27
4.2.2 - Seated Mode	27
4.2.3 - Near Mode.....	28
4.2.4 - Outras opções de jogo implementadas	28
4.3 - Plataforma de fisioterapia para doentes de Parkinson.....	29
4.3.1 - Aplicação Physiotherapist	30
4.3.2 - Aplicação Patient	31
4.3.2.1 - Arquitetura	33
Capítulo 5	35
Testes e Resultados	35
5.1 - Exercícios propostos pelos fisioterapeutas.....	35
5.2 - Limitações registadas do Kinect.....	35
5.3 - Inquéritos efetuados	36
5.3.1 - Evento Portugal Maior	36
5.3.2 - Instalação e testes na APDPk	39
5.3.2.1 - Resultados do inquérito feito à fisioterapeuta	39
5.3.2.1 - Resultados dos inquéritos feitos aos pacientes.....	40
5.4 - Discussão dos resultados.....	42
Capítulo 6	43
Conclusões e Trabalho Futuro	43
6.1 - Conclusões	43
6.2 - Trabalho Futuro	44
Referências	45
Anexo A.....	48
Anexo B.....	50
Anexo C.....	51
Anexo D.....	52
Anexo E.....	53
Anexo F.....	55

Lista de figuras

Figura 1 - Fases de desenvolvimento da dissertação	4
Figura 2 - Figura ilustrativa da localização do córtex cerebral, gânglios da base e vias de dopamina	7
Figura 3 - Sistema mecânico, ótico e eletromagnético respectivamente	11
Figura 4 - Visão geral do sensor Kinect para Windows	15
Figura 5 - Sensores de profundidade 3D [3D Depth Sensors]	15
Figura 6 - Distâncias suportadas pelo sensor de profundidade	16
Figura 7 - Microfones e Motor Tilt do Kinect	16
Figura 8 - Interação de hardware e software entre a aplicação	17
Figura 9 - Arquitetura do Kinect SDK. 1 - Hardware Kinect; 2 - Drivers Kinect; 3 - Natural User Interface (NUI); 4 - Audio codec; 5 - API Windows	18
Figura 10 - Os 20 pontos do corpo humano detetáveis pelo Kinect SDK	18
Figura 11 - Sistemas de eixos usado no Kinect	19
Figura 12 - Excerto do código em XNA	20
Figura 13 - Esquema do funcionamento de uma aplicação em XNA	20
Figura 14 - Arquitetura do Framework .NET	21
Figura 15 - Código exemplo nas diferentes linguagens: C#, Boo e JavaScript	23
Figura 16 - Jogo feito sobre a plataforma XNA	24
Figura 17 - Jogo feito sobre a plataforma Unity 3D	24
Figura 18 - Demonstração do jogo	26
Figura 19 - Arquitetura do jogo	27
Figura 20 - Demonstração do tracking em Default (à esquerda) e em Seated Mode (à direita)	28

Figura 21 - Inclinação vertical do Kinect	29
Figura 22 - Physiotherapist: Plataforma para os fisioterapeutas	30
Figura 23 - Interface do utilizador da plataforma Physiotherapist: 1 - Abrir ficheiro; 2 - Gravar exercício; 3 - Opções de gravação	31
Figura 24 - Patient: Plataforma para os pacientes.....	32
Figura 25 - Patient: Dois jogadores ativos.....	32
Figura 26 - Arquitetura da plataforma Patient	33
Figura 27- Exemplo do limite máximo de rotação da cabeça que o Kinect reconhece.....	36
Figura 28 - Facilidade de interação com o ambiente virtual e Kinect.....	37
Figura 29 - O aspeto gráfico do jogo. Fundo, cores, avatar, etc.	37
Figura 30 - Facilidade de aprendizagem do objetivo do jogo, do modo como se deve executar movimentos, etc.....	37
Figura 31 - Tipo de movimentos necessários para jogar, posição relativa ao Kinect, distância ao monitor, etc.	38
Figura 32 - Opinião geral sobre o conceito do jogo e sua finalidade	38
Figura 33 - Já tinha experimentado jogos que promovem o exercício físico?.....	38
Figura 34 - Utilizaria uma aplicação deste tipo como auxílio ao tratamento de uma limitação física?	38
Figura 35 - Arquitetura das classes do SkeletonFrame	48
Figura 36 - Arquitetura das classes do ImageFrame	49
Figura 37 - Arquitetura das classes do DepthFrame	49
Figura 38 - Arquitetura global da plataforma de fisioterapia	52

Lista de tabelas

Tabela 1 - Resultado ao questionário sobre as plataformas de fisioterapia desenvolvidas	40
Tabela 2 - Pergunta sobre a utilidade das plataformas.....	40
Tabela 3 - Idade e sexo dos pacientes que experimentaram as plataformas	41
Tabela 4 - Respostas dos pacientes referentes ao jogo.....	41
Tabela 5 - Respostas dos pacientes referentes à plataforma de gravação de exercícios	41
Tabela 6 - Sugestões e críticas dos pacientes	41
Tabela 7 - Conjunto de exercícios propostos pelos fisioterapeutas	54

Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas (ordenadas por ordem alfabética)

.NET	Leia-se “dot-net”
.WAV	Waveform audio format
APDPk	Associação Portuguesa de Doentes de Parkinson
API	<i>Application Programming Interface</i>
C#	Leia-se “cê-charp”
CLR	Common Language Runtime
DMO	DirectX Media Object
DP	Doença de Parkinson
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
FIL	Feira Internacional de Lisboa
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IU	Interface do Utilizador
IV	Infravermelhos
JIT	Just In Time Compiler
JS	JavaScript
LED	<i>Light-Emitting Diode</i> - Diodo Emissor de Luz
MIEEC	Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
MoCap	<i>Motion Capture</i> - Captura de movimentos
SDK	<i>Software Development Kit</i>
UI	User Interface
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
WPF	<i>Windows Presentation Foundation</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>

Capítulo 1

Introdução

Neste capítulo apresentam-se os objetivos do trabalho proposto, a motivação e interesse que justificam a realização deste projeto, as principais contribuições esperadas e o plano de trabalho e organização do documento.

O trabalho realizado foi desenvolvido na empresa Inovamais - Serviços de Consultadoria em Inovação Tecnológica, Lda. Enquadra-se num protocolo estabelecido entre a empresa e a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, com início no mês de Setembro de 2012.

1.1 - Enquadramento

A Doença de Parkinson (DP) é uma das doenças neurológicas mais comuns dos dias de hoje, atingindo principalmente pessoas idosas. Trata-se de uma doença crónica que afeta progressivamente o sistema motor, responsável pelos movimentos corporais, levando a tremores, rigidez, lentidão dos movimentos e instabilidade postural [1], dificultando as atividades da vida diária. Daí a DP ser classificada como a “doença do movimento”. As suas características são próprias de cada doente e por vezes o doente não apresenta um conjunto de sintomas típico. Por isso, muitos outros sintomas estão associados a esta doença mesmo que não diretamente.

Trata-se de uma doença não reversível, que se prolonga por toda a vida. Não existe uma cura conhecida, mas existem diversos tratamentos disponíveis, farmacológicos e não farmacológicos, que ajudam significativamente a atrasar a progressão da doença e a melhorar substancialmente a qualidade de vida do doente. Dentro desse leque de tratamentos, destaca-se a fisioterapia como complemento ao tratamento medicamentoso, possibilitando maximizar e conservar as capacidades funcionais do doente, evitando ou reduzindo o aparecimento de complicações secundárias. De facto, os principais sintomas desta patologia relacionados aos movimentos motores tendem a não responder tão bem à medicação e com o progredir da doença os efeitos da medicação tornam-se cada vez menos satisfatórios [2]. Deste modo, a fisioterapia na DP torna-se um aliado importante no desacelerar do ritmo de

progressão da doença e na conservação da autonomia do utente durante mais tempo, melhorando a sua qualidade de vida.

O trabalho proposto teve como objetivo a criação de uma plataforma de jogos de apoio aos fisioterapeutas que possibilita a prática de exercício físico dos seus pacientes. Esta plataforma foi incorporada na aplicação principal, o PRK-Treatment¹ e inclui diferentes níveis de dificuldade controlada, adaptada à situação de cada utilizador.

1.2 - O problema

Para um profissional que acompanhe as sessões de fisioterapia dos seus pacientes nem sempre é fácil controlar a evolução destes e muitas das vezes é muito complicado promover e incentivar a prática de exercício físico fora das suas sessões. A atividade física é essencial e deve estar presente na vida dos pacientes, mas a falta de incentivo e motivação pode levar o paciente a desinteressar-se e a tornar-se sedentário, o que certamente será um contratempo no progresso da terapia de reabilitação.

Assim, surgiu como proposta de trabalho, desenvolver uma plataforma de jogos capaz de promover o exercício físico através da captura de movimentos, adaptado a um ambiente gráfico simples e intuitivo e que permita aos fisioterapeutas acompanhar e avaliar o seu progresso. Esta plataforma é portátil e pode ser executada no computador pessoal do paciente, para que este possa utilizá-la fora das sessões de fisioterapia.

1.3 - Motivação e Objetivos

O tratamento fisioterapêutico na Doença de Parkinson tem como objetivo minimizar os problemas motores, ajudando o paciente a manter ou aumentar a independência funcional nas atividades diárias e a melhorar a sua qualidade de vida. Neste sentido, é muito importante que a fisioterapia seja uma atividade constante na vida dos pacientes.

Com o melhoramento das tecnologias ligadas à área da captura de movimento (MoCap), surgiram novos conceitos na sua utilização para além do entretenimento, e a ideia de integrar estes sistemas no apoio à fisioterapia de doentes de Parkinson pode ser um desafio bastante desafiante e motivador, mas ao mesmo tempo compensador pelo facto de servir como um meio de ajuda ao combate a esta doença específica.

A proposta de trabalho surge na sequência do desenvolvimento de uma plataforma de apoio à terapia de reabilitação e manutenção de doentes de Parkinson cujo principal objetivo é melhorar o atendimento e tratamento dos pacientes. Para isso, serão

¹ PRK-TREATMENT - Plataforma *web* que permite aos pacientes a prática de exercícios de diferentes categorias relacionadas com o tratamento de Parkinson, como fisioterapia, exercícios cognitivos, de escrita, psicologia e terapia da fala

monitorizados exercícios por profissionais (psicólogos, fisioterapeutas e/ou terapeutas da fala) a fim de controlarem a evolução do paciente.

No desenvolvimento final da plataforma prevê-se a implementação dos seguintes objetivos:

- Criação de um jogo lúdico com avatar integrado com o sistema Kinect da Microsoft como dispositivo de interação natural que incentive a prática de atividade física por parte do utilizador;
- Desenvolvimento de um programa que permita a gravação de movimentos e voz por parte do fisioterapeuta para posterior reprodução como exercício;
- Desenvolvimento de um programa que permita a cópia de movimentos gravados pelo fisioterapeuta. Deve ainda ter um avatar que replique os movimentos do paciente através da captura de movimentos;
- Integração bidirecional de dados dos pacientes entre a plataforma PRK-TREATMENT e ambas as plataformas anteriores.

Como resultado final do projeto, pretende-se implementar dois tipos diferentes de jogos integrados na plataforma principal PRK-TREATMENT que apoie o fisioterapeuta na terapia de reabilitação e manutenção de doentes de Parkinson. Pretende-se assim obter um jogo lúdico e intuitivo de livre execução, com gravação de dados de atividade e objetivos completados, e um segundo jogo onde o fisioterapeuta tem maior controlo sobre os exercícios a realizar pelo paciente. Estes dois jogos devem ser portáteis e de fácil reprodução para possibilitar que os pacientes possam jogar noutra local fora das sessões de fisioterapia.

1.4 - Principais Contribuições

Existem no mercado diversos jogos e aplicações que utilizam o Kinect como meio de interação natural nas mais diversas áreas. Em muitos centros de fisioterapia esses jogos são usados para promover e incentivar o exercício físico nos idosos. Contudo, um dos principais problemas destes jogos é o facto de não serem dirigidos para a sua idade nem com o propósito de apoiar a fisioterapia. Apresentam demasiada informação no ecrã e os gráficos tendem a ser complexos, com diversas cores e muitos objetos em movimento, tornando-se bastante difíceis e complexos para a faixa etária em questão.

Com esta tese pretende-se superar esses problemas contribuindo com a criação de jogos adaptados à situação de fisioterapia em doentes de Parkinson, permitindo aos terapeutas participarem no controlo dos exercícios. Assim, estes jogos estarão integrados numa plataforma web desenvolvida pela empresa, o PRK-Treatment, permitindo troca de informação *online* entre paciente e terapeuta. Outro importante fator deve-se ao facto de estes jogos serem desenvolvidos sobre uma plataforma portátil que tenha como requisito apenas um computador pessoal e uma câmara Kinect.

1.5 - Plano de trabalho e Organização do documento

A estratégia de abordagem ao problema encontra-se representada no diagrama seguinte.

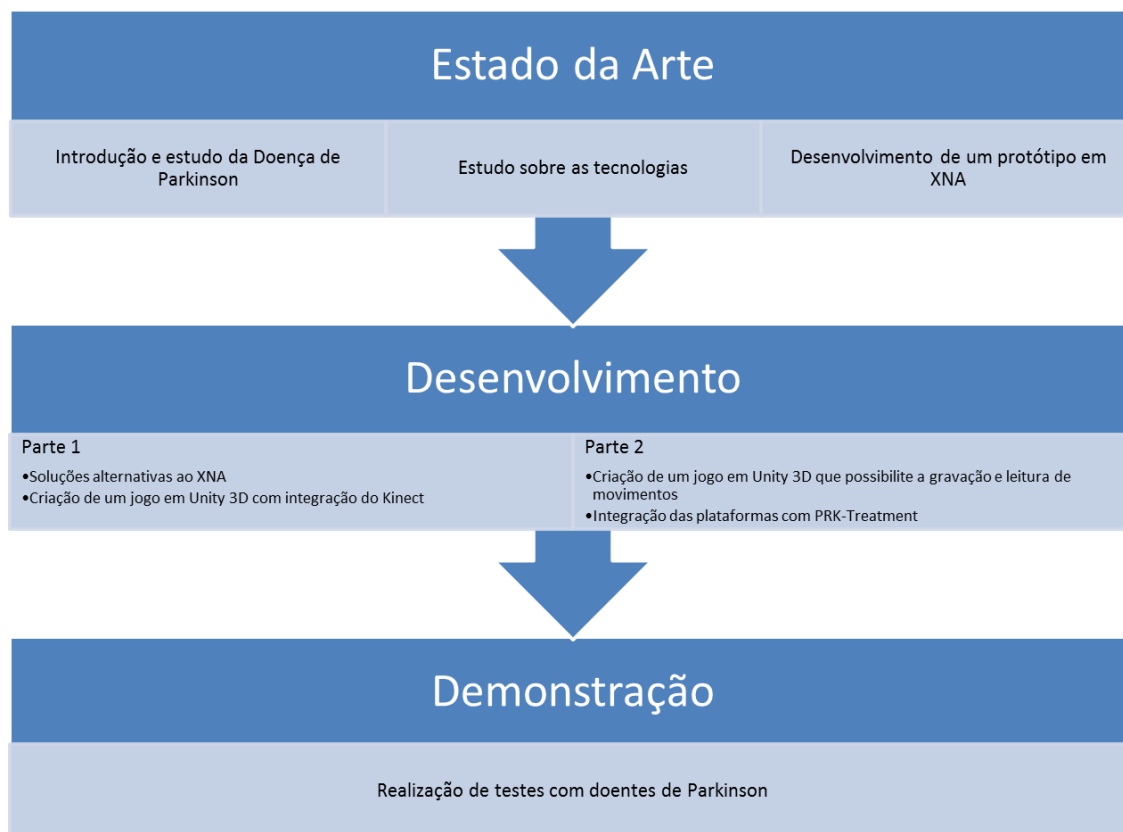


Figura 1 - Fases de desenvolvimento da dissertação

O projeto iniciou-se com um estudo relativo à Doença de Parkinson e às principais limitações físicas provocadas nos doentes. Este estudo foi realizado através de pesquisa em *websites* apropriados e destinados à divulgação e tratamento da doença, e de leitura de artigos científicos mais recentes. Compreendida melhor a doença de Parkinson, deu-se introdução ao estudo aprofundado das tecnologias a utilizar, nomeadamente linguagens de programação, *software* a utilizar e familiarização com o Kinect. Após estas duas fases de inicialização e compreensão do problema, que eram no fundo mais teóricas, aplicaram-se os conhecimentos adquiridos e desenvolveu-se um jogo protótipo com recurso ao Kinect para interagir com um ambiente gráfico usando o motor de jogos (*Game Engine*) XNA, da Microsoft. Posteriormente foram estudados novas alternativas a esta plataforma, surgindo assim a opção da utilização de um novo motor de jogos, o Unity 3D. Seguiu-se a fase de desenvolvimento onde se desenvolveu um jogo intuitivo que, através da captura de movimentos, permite controlar um avatar para interagir com o ambiente virtual e assim incentivar a prática de movimentos. O próximo passo consistiu na implementação de uma plataforma onde é possível gravar

movimentos e som por parte do fisioterapeuta e posterior reprodução para que o paciente possa replicar esses movimentos.

Este documento encontra-se dividido em 6 capítulos, que refletem a metodologia descrita anteriormente.

Este primeiro capítulo serve de introdução para que o leitor se enquadre no contexto e objetivos desta tese.

No capítulo 2 é apresentada a revisão bibliográfica sobre a Doença de Parkinson, captura de movimentos e *exergames*. São ainda apresentados projetos similares.

No capítulo 3 apresentam-se as principais tecnologias disponíveis que satisfaçam os requisitos do objetivo proposto, as escolhas e respectivas justificações para o seu uso.

O capítulo 4 apresenta a abordagem seguida para a solução do problema e os detalhes da sua implementação.

O quinto capítulo apresenta os testes e discussão dos resultados obtidos.

No sexto e último capítulo apresentam-se as conclusões do trabalho desenvolvido e são apontadas perspectivas para futuros desenvolvimentos.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica e Estado da Arte

Este capítulo apresenta a revisão bibliográfica e o estado de arte relativo à Doença de Parkinson e à importância que tem a fisioterapia na sua reabilitação. São também introduzidas e descritas as principais formas de captura de movimento (MoCap) e o que são *exergames*. Por último é feita uma abordagem a projetos similares existentes.

2.1 - Doença de Parkinson

Descrita pela primeira vez em 1817 por James Parkinson [3] a Doença de Parkinson (DP) caracteriza-se por ser uma perturbação degenerativa e progressiva do sistema nervoso que apresenta várias características particulares, como o tremor em repouso, a lentidão na iniciação de movimentos e a rigidez muscular [4]. Existem outros sintomas não relacionados com o movimento associados à DP, como a dor, distúrbios de sono, humor e depressão [5]. Estes sintomas resultam da disfunção e morte celular dos neurónios produtores de dopamina² nos gânglios da base, que controlam e ajustam a transmissão dos comandos conscientes vindos do córtex cerebral para os músculos do corpo humano [3]. O porquê da morte celular de células produtoras de dopamina ainda é desconhecido, mas vários fatores apontam para o envelhecimento, fatores genéticos, ambientais e vírus.

A DP é mais frequente depois dos 50 anos, contudo em cerca de 5% dos doentes a doença tem início precoce, surgindo antes dos 40 anos. Esta doença é ligeiramente mais frequente nos homens do que nas mulheres [6].

² Dopamina - Substância química responsável por inúmeras funções como o movimento, memória, humor, aprendizagem, etc.

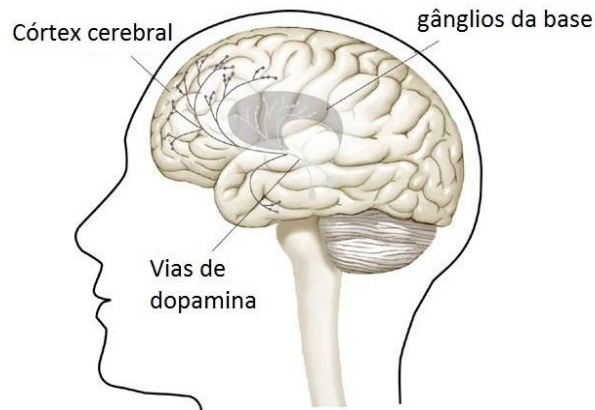


Figura 2 - Figura ilustrativa da localização do córtex cerebral, gânglios da base e vias de dopamina

2.1.1 - Principais sintomas

Frequentemente a DP inicia-se de forma insidiosa e avança de forma gradual. Os sintomas tendem a aparecer apenas de um lado do corpo em primeiro lugar, embora ambos os lados sejam afetados com o avanço da doença. Geralmente caracteriza-se por um tremor ligeiro numa mão, braço ou perna quando em repouso mas, que pode aumentar em momentos de tensão. Tipicamente, o tremor melhora quando o paciente move voluntariamente a extremidade afetada e pode, mesmo, desaparecer durante o sono [6]. No entanto os sintomas podem variar em termos de gravidade e velocidade de progressão de pessoa para pessoa. A perda de olfato é curiosamente um dos primeiros sintomas da doença.

A nível motor, os principais sintomas da DP são o tremor, a rigidez muscular e a bradicinesia. O tremor é o sintoma mais facilmente identificável pois o seu ritmo é lento e regular com oscilações curtas. É um movimento involuntário quase sempre assimétrico e está frequentemente localizado nos membros superiores. Aumenta sob o efeito de uma emoção, concentração, fadiga ou frio e tem tendência a desaparecer durante a atividade física voluntária. A rigidez muscular por outro lado é uma dificuldade de relaxação dos músculos quando estes não participam em nenhum movimento. Pode atingir qualquer grupo muscular do tronco ou dos membros. Começa muitas vezes num só membro, pode variar ao longo do dia, pode ser influenciada pelo humor, pelo *stress* e por medicamentos. A rigidez é responsável por tensões musculares cuja repartição varia consoante os doentes. Ela centra-se sobretudo ao nível da coluna vertebral e da raiz dos membros. É considerada responsável pela tendência das pessoas afetadas pela doença manterem uma postura fletida, um pouco inclinadas para a frente ou para o lado,

quando estão em pé ou quando caminham. Com a progressão da doença, a rigidez tipicamente afeta todo o corpo e reduz a capacidade de se mover. Quanto à bradicinesia está associada às dificuldades ao longo de todo o processo do movimento, desde o planeamento inicial à execução final. Afeta também os músculos faciais, levando a que o doente se babe, perturba o normal piscar dos olhos e interfere com a mímica facial levando por vezes, à falta de expressão que se confunde com uma depressão, embora muitas pessoas com a doença de Parkinson se tornem efetivamente depressivas. [7][8][9]

2.1.2 - Tratamentos

Atualmente não existe uma cura para a Doença de Parkinson. No entanto é usada uma ampla variedade de medicamentos para controlar os seus sintomas e retardar a sua progressão. Esses medicamentos dividem-se em diferentes categorias e a sua aplicação varia com a fase da doença, sendo que podem produzir diversos efeitos secundários [4][6]. Outro tipo de tratamento é a cirurgia. Nos últimos anos, tem havido muitos avanços em técnicas cirúrgicas, neuroimagem³ e informática, tornando a cirurgia um meio mais viável. Tem como função substituir e/ou restaurar as células que produzem dopamina. Apesar de algumas técnicas cirúrgicas poderem fornecer um melhor controlo dos sintomas, a cirurgia não é adequada para todos pois não é uma cura para o Parkinson e não retarda sua progressão. A maioria das pessoas continua a tomar a medicação de Parkinson após a cirurgia, embora, por vezes, a dosagem possa ser reduzida [9].

Embora a terapia farmacológica seja a base do tratamento, a fisioterapia também é muito importante. Ela é responsável por envolver os pacientes no seu próprio tratamento, promove o exercício, mantém ativos os músculos e preserva a mobilidade. Esta abordagem é particularmente benéfica, porque muitos pacientes tendem a permanecer sentados e inativos. Esta área é abordada no tópico seguinte deste capítulo.

2.2 - Fisioterapia no tratamento da DP

A fisioterapia é uma área da saúde que procura promover, reduzir e/ou manter o movimento corporal com o objetivo de minimizar os problemas motores, ajudando o paciente a manter ou aumentar a independência para realizar as suas atividades diárias, melhorando assim a sua qualidade de vida. Complementa o tratamento medicamentoso na DP, possibilitando maximizar e conservar as capacidades funcionais do doente, evitando ou

3 Neuroimagem - Imagem obtida a partir de estruturas neurais, por meio de técnicas radiológicas.

reduzindo o aparecimento de complicações secundárias e desacelerando o ritmo de progressão da doença. [10]

Para os doentes de Parkinson a fisioterapia é um complemento muito importante à terapia farmacológica. Ela promove o exercício físico, mantém ativos os músculos e preserva a mobilidade, o que a torna benéfica com a progressão da doença que tende a provocar sedentarismo e inatividade nos doentes. Com o exercício, o aumento da mobilidade pode de facto modificar a progressão da doença e impedir contraturas, além de ajudar a retardar a demência.

Como a Doença de Parkinson é progressiva, a prática de fisioterapia deve ser de longo prazo, deve mesmo tornar-se parte do estilo de vida diário. A sua intervenção deve começar tão cedo quanto o estabelecimento do diagnóstico de modo a prevenir a atrofia muscular, a fraqueza e a capacidade de exercício reduzida. A prática de exercícios repetidos numa fase inicial da doença permite um controlo motor mais próximo do fisiológico e adequado quando houver maior deterioração na evolução da doença. [11]

Existem atividades motoras de diferentes graus de dificuldade de execução que deverão ser levadas em conta e que se consideram importantes para a conceção do jogo. Por exemplo, é mais fácil subir escadas ou andar de bicicleta do que caminhar em terreno plano. Alguns gestos são particularmente difíceis, como é o caso de vestir um casaco, sair de um automóvel, virar na cama, assim como efetuar gestos rotativos ou alternados (por exemplo, mexer uma colher numa tigela, lavar os dentes, limpar os pés em cima de uma esteira, etc.). Outra grande dificuldade é a atividade simultânea, como transportar objetos e caminhar, mesmo sendo objetos de pequenas dimensões, ou falar e caminhar. O doente deve por isso concentrar-se em cada tarefa individualmente e evitar fazer mais que uma ação ao mesmo tempo. [12]

Mas nem só o sistema motor pode criar dificuldades ao doente. O humor tem um papel importante na atividade física e na capacidade de execução de movimentos. Em casos de depressão os sintomas motores da doença podem aumentar entre 20% a 30%. [5] Outro fator particularmente importante e que pode ser aproveitado no conceito do jogo é a motivação. A motivação influencia os desempenhos motores, por isso é importante estabelecer objetivos e criar um ambiente apelativo e agradável para que a tarefa seja do agrado do paciente.

2.3 - MoCap: Motion Capture

Motion Capture, ou simplesmente MoCap, é um termo usado para descrever o processo de gravação de movimentos humanos ou de objetos e transpô-los num modelo digital 2D ou 3D. A captura de movimentos é uma técnica cada vez mais usada nas mais diversas áreas e que tem evoluído bastante nos últimos anos. Devido à sua reprodução realista de movimentos e à sua, cada vez maior, precisão tem-se verificado uma grande

utilização de técnicas de captura de movimento nas mais variadas áreas, tais como o entretenimento, produções cinematográficas, aplicações médicas, militarismo, etc.

Existem diferentes tipos de sistemas de captura de movimento, que podem ser divididos em três princípios físicos básicos: mecânico, ótico e eletromagnético. O sistema mais popular de captura de movimentos é o sistema ótico, uma vez que faz uso de uma câmara digital com infravermelhos.

2.3.1 - Sistema mecânico

No sistema mecânico, a pessoa que realiza os movimentos a ser capturados, utiliza um equipamento com formato humano, constituído por peças metálicas, que acompanha os movimentos dessa pessoa. Também podem ser utilizadas luvas, braços mecânicos ou modelos articuláveis. As principais vantagens deste sistema são o grande intervalo de captura, o baixo custo comparado a outro tipo de sistemas, o facto de não haver interferência da luz ou campos magnéticos, captura em tempo real, portabilidade e a incorporação de várias capturas em simultâneo. No entanto torna-se um sistema complexo devido à quantidade de detalhes dos equipamentos e à necessidade de os calibrar com frequência, o que limita os movimentos de captura.

2.3.2 - Sistema ótico

Quanto ao sistema ótico, são colocados marcadores refletores na pessoa que executa os movimentos. Os movimentos da pessoa são seguidos por várias câmaras e a informação é obtida por triangulação entre elas. Estes marcadores são fontes de luz, geralmente LEDs. Este sistema distingue-se pela sua elevada precisão, não existem cabos logo o utilizador pode executar movimentos mais complexos e permite uma área de captura maior que outros sistemas. Os seus pontos fracos são principalmente o seu elevado custo, está propenso a interferência de luz e a captura tem de ser feita em ambiente controlado sem muitos marcadores de reflexão para evitar interferência nos resultados.

2.3.3 - Sistema eletromagnético

O sistema eletromagnético utiliza campos magnéticos gerados por emissores localizados nas junções do corpo. Esses campos são comparados ao campo magnético da Terra no local onde está a ser medido. Para isso, antes de começar a sessão de captura tem-se sempre que calibrar o equipamento. A informação é obtida em tempo real, é possível capturar movimento de várias pessoas e é relativamente mais barato que o sistema ótico. No entanto não é tão bom como o ótico pois tem menor área de captura, os movimentos estão limitados por cabos e são suscetíveis à interferência de campos magnéticos. [13][14][15]



Figura 3 - Sistema mecânico, ótico e eletromagnético respectivamente

2.3.4 - Funcionamento

A maneira como um sensor de movimento funciona normalmente depende do tipo de sensor de movimento a utilizar, o qual muitas das vezes depende do dispositivo que utiliza o sensor. Um sensor de movimento é um dispositivo eletrônico que deteta movimentos para ativar o sistema. Existem dois tipos básicos de sensores de movimento: os sensores ativos e sensores passivos.

Sensores ativos emitem um sinal de ondas ultrassônicas sonoras, semelhante a um sistema de sonar, que são refletidas pelo meio. O sinal refletido é recebido pelo sensor ativando o sistema. Este tipo de sensor é usado frequentemente para a segurança interior e automatizações de garagens.

Os sensores passivos são um tipo de sensor de movimento que não emitem um sinal, mas que detetam radiação infravermelha em torno do sensor. Quando uma pessoa se move na zona de captura, o calor do movimento é detetado e ativa o sistema. Este tipo de sensor de movimento é muitas vezes usado em sistemas de luzes ativadas por movimento e sistemas de segurança.

Um sensor de movimento também pode utilizar uma combinação de tecnologia passiva e ativa. Este tipo de sistema é muito utilizado nas lojas como sistema de segurança.

[16]

2.4 - Jogos de vídeo e exercício - Exergames

Exergames são uma categoria de jogos que utilizam os movimentos de diferentes segmentos corporais como meio de interação com o ambiente virtual. Surgiram a partir da necessidade de fomentar a prática de atividade física durante a execução dos jogos de vídeo. São uma junção de exercício físico com jogos de vídeo e tem como objetivo diminuir o

sedentarismo e promover a prática de atividade física, contribuindo assim para o aumento do gasto calórico. Os *exergames* podem ser também utilizados com fins educacionais, tais como, a motivação para aprender uma determinada tarefa, percepção do próprio corpo no espaço, coordenação motora, reflexão e solução de problemas, além de trabalhar aspetos comportamentais como o autocontrolo. Outra área emergente dos *exergames* tem sido a reabilitação, ou seja, a análise de aspetos médicos e terapêuticos durante a prática dos jogos. [17]

Os primeiros jogos deste género foram lançados nos finais dos anos 80, destacando-se o jogo Dance Dance Revolution como um dos primeiros grandes sucessos dos *exergames* [18]. Foi pioneiro no estilo de jogo de ritmo e dança. A sua operacionalidade envolvia um tapete com setas marcadas em diferentes direções e o objetivo era usar os pés para pisar a seta correspondente à que aparecia no ecrã. [19]

Diversos estudos mostram que os *exergames* têm benefícios para a saúde. Segundo Cay Anderson-Hanley, da Universidade Union College nos Estados Unidos da América, no seu mais recente estudo publicado refere que para os adultos mais velhos os exercícios interativos apoiados pela realidade virtual, duas ou três vezes por semana, geram benefícios cognitivos. [20]

2.5 - Projetos Similares

O surgimento de tecnologias de captura de movimento de baixo custo, portáteis e que não requerem o uso de marcadores ou outro tipo de equipamento extra, como o caso do Kinect, têm permitido o surgimento de novos projetos na área de reabilitação física, no entanto não existe nenhuma focada essencialmente na reabilitação de doentes de Parkinson. Na University of Southern California está a ser desenvolvido um projeto para reabilitação de pacientes através de jogos. A aplicação faz uso da câmara da Microsoft, o Kinect, e tem o objetivo de promover a atividade física em pessoas que tenham sofrido um acidente vascular cerebral ou uma lesão cerebral. Tem uma interface apelativa e simples, através de gráficos 2D e 3D. [21]

Outra aplicação surgiu no trabalho conjunto da Microsoft, Avanade e Accenture que desenvolveram uma maneira de os pacientes interagirem com os seus médicos, em qualquer lugar do mundo, sem necessidade de contacto físico. O objetivo é aumentar o número de pacientes diários dos médicos e evitar deslocações que podem comprometer a qualidade de vida dos pacientes. O paciente faz uso de uma câmara Kinect para que toda a informação relevante possa ser enviada para os médicos que podem assim visualizar e analisar sintomas de forma interativa e tridimensional. Os dados dos pacientes são armazenados de forma segura para futura referência. [22]

A Virtualware em colaboração com a Fundação Esclerose Múltipla de Biscaia, Espanha, desenvolveu o produto VirtualRehab, um sistema de reabilitação que combina

ambientes virtuais 3D e a câmara Kinect para doentes de esclerose múltipla. Esta aplicação contém um sistema de análise e registo para elaboração de relatórios que permite ao fisioterapeuta observar e controlar o progresso de cada paciente. [23]

Além destas aplicações existem outros projetos com ideias e propósitos semelhantes mas que estão apenas em desenvolvimento em projetos e trabalhos universitários.

Capítulo 3

Meios e Métodos

Este capítulo descreve as principais características do projeto antes de abordar os detalhes da sua implementação. Nele apresentam-se as principais tecnologias disponíveis que satisfazem os requisitos do objetivo proposto, as escolhas e respetivas justificações para o seu uso.

Primeiro introduz-se e descreve-se a tecnologia de captura de movimento a utilizar, o Kinect da Microsoft, a sua API, o *software* que permita a criação de jogos virtuais e as decisões tomadas.

3.1 - Microsoft Kinect

Principalmente devido ao baixo custo e ao facto de funcionar num computador pessoal, o sistema de captura de movimentos escolhido foi a câmara Kinect da Microsoft.

O Kinect é um dispositivo para a consola Microsoft Xbox 360 e para o sistema operativo Windows que permite interagir com o ambiente gráfico usando a movimentação do corpo ou por comandos de voz sem a necessidade de usar teclado, rato, comando ou outro tipo de controlo tradicional. Assemelha-se a uma *WebCam* com um formato em barra horizontal. Contém uma câmara de vídeo RGB de alta resolução, um conjunto de microfones, dois sensores infravermelhos de profundidade e um motor *tilt* que controla o angulo de inclinação do Kinect.

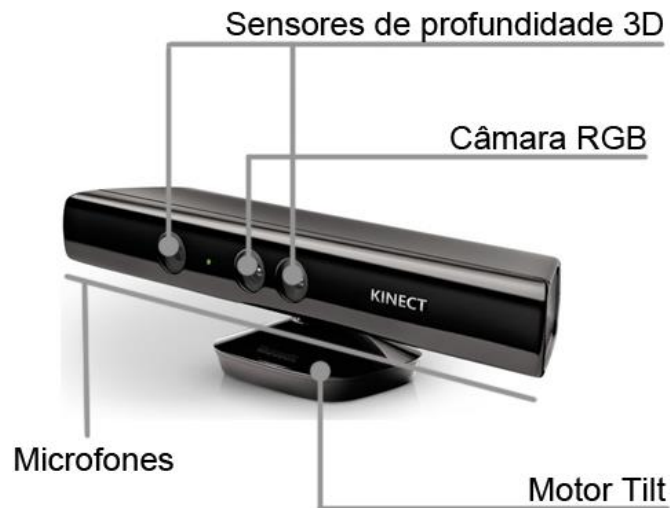
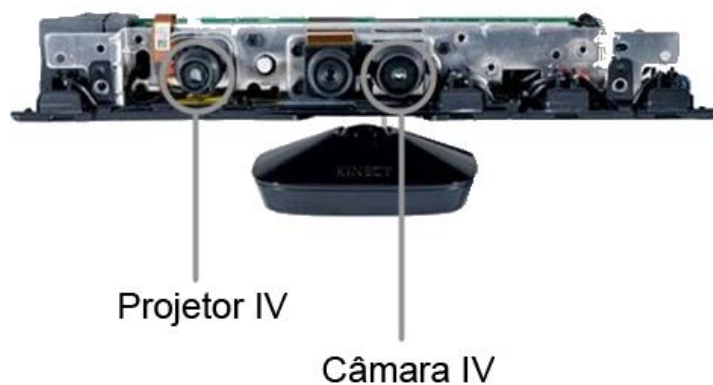


Figura 4 - Visão geral do sensor Kinect para Windows

Recentemente a Microsoft lançou o Kinect para Windows que apesar de ser baseado na mesma tecnologia que o anterior (Kinect para Xbox 360), a sua *firmware* foi ajustada para que o seu sensor de profundidade fosse mais abrangente. Este sensor é responsável pela detecção do corpo esquelético dos utilizadores, permitindo assim não só a captura de movimentos como a distinção entre vários utilizadores.

Como se pode verificar na figura 5, o Kinect contém dois sensores de profundidade 3D, ou 3D Depth Sensors. O projetor de infravermelhos, ou IR Projector, que projeta um campo de pontos para o cenário capturado e a câmara de infravermelhos, ou IR Camera, que vê esses pontos no cenário. O Kinect usa a informação desses pontos para elaborar um “mapa de profundidade” de uma imagem para definir a distância de cada elemento dessa imagem.



IV - Infravermelhos

Figura 5 - Sensores de profundidade 3D [3D Depth Sensors]

No entanto existem algumas limitações relativas aos sensores de profundidade. Essas limitações têm sobretudo a ver com as distâncias relativamente ao Kinect. A figura 6 mostra as distâncias que a câmara de profundidade suporta para os seus dois diferentes modos de execução.

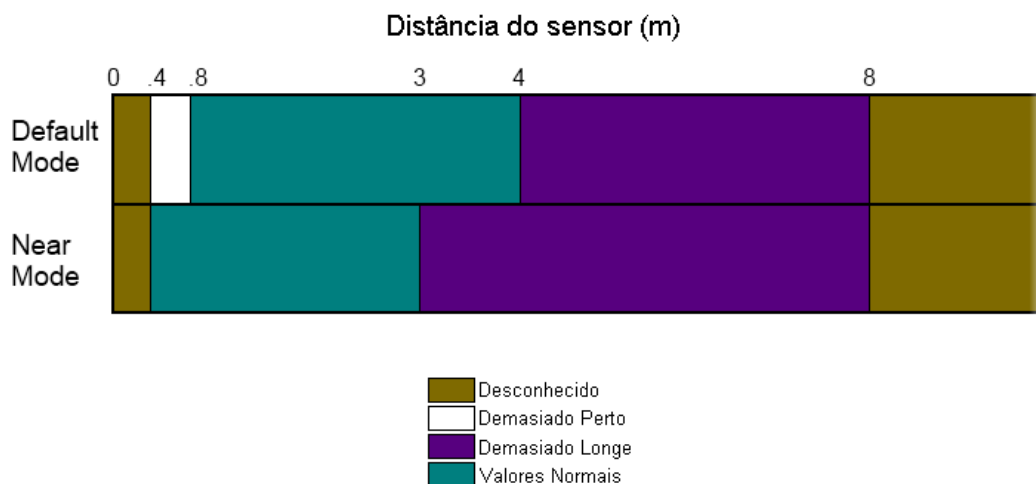


Figura 6 - Distâncias suportadas pelo sensor de profundidade

Quando os objetos estão muito próximos dos sensores, os pontos criados pelo projetor de infravermelhos ficam demasiado juntos e o Kinect não consegue medir essas distâncias. Isto também ocorre porque os sensores estão em duas posições diferentes. O mesmo acontece se os objetos estiverem demasiado longe, pois esses pontos terão um maior espaçamento entre si e menor será a precisão dos sensores. Além disto, a resolução é de 320x240 pixels.

O Kinect contém também uma câmara de vídeo que fornece imagens de alta resolução até 1280x1024 pixels. Contém ainda quatro microfones colocados estrategicamente no dispositivo e um motor que controla a inclinação entre -27 e +27 graus, como se pode observar na figura 7. [24][25]

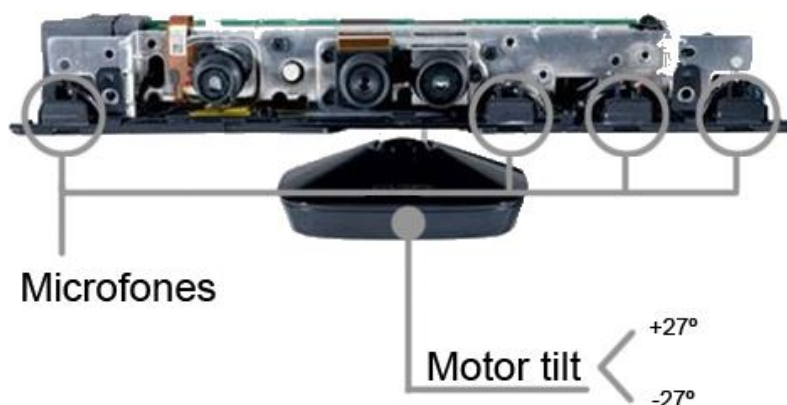


Figura 7 - Microfones e Motor Tilt do Kinect

3.2 - Kinect SDK

A Microsoft lançou em Junho de 2011 [26] a primeira versão do SDK para Kinect e os respetivos drivers e desde então tem lançado novas atualizações com melhorias significativas que o tornam na melhor opção para o efeito.

O SDK fornece as ferramentas e APIs necessárias para desenvolver aplicações com suporte a recursos do Kinect, incluindo imagens a cores, imagens de profundidade, entrada de áudio e dados do esqueleto do mundo real, compatíveis com sistemas operativos da Microsoft. A figura 8 mostra como o Kinect e as suas bibliotecas interagem com a aplicação a desenvolver.

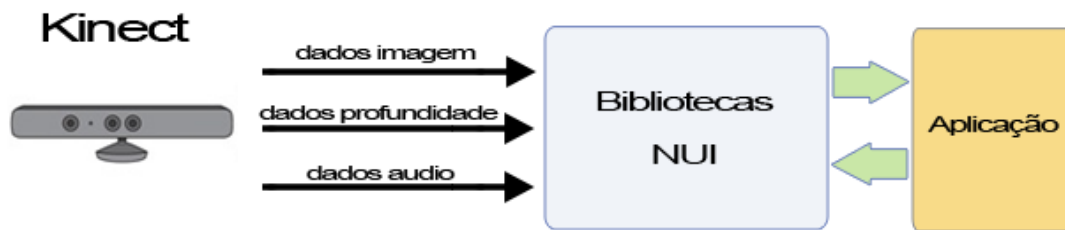


Figura 8 - Interação de hardware e software com a aplicação

A arquitetura do Kinect SDK é apresentada na figura 9, no entanto esta figura apresenta componentes da Microsoft que não são parte do SDK, que é o caso do número 5 que pertence ao sistema operativo Windows. O *hardware* (figura 9, número 1) é a camada mais baixa e refere-se ao Kinect e ao USB através do qual o sensor está ligado ao computador.

Os drivers do Kinect (número 2) permitem aceder a funcionalidades de vídeo (cor, profundidade, esqueleto, etc.), áudio, motor, propriedades do dispositivo e a possibilidade de usar múltiplos dispositivos Kinect.

A NUI (Natural User Interface) API (número 3) está relacionada com as capacidades de interação natural fornecidas pelo SDK, que os programadores podem usar nos seus projetos.

Por fim temos o DirectX Media Object (DMO) (número 4) que é o *codec* que permite a filtragem e localização da fonte áudio e no número 5 as APIs padrão do Windows. [27]

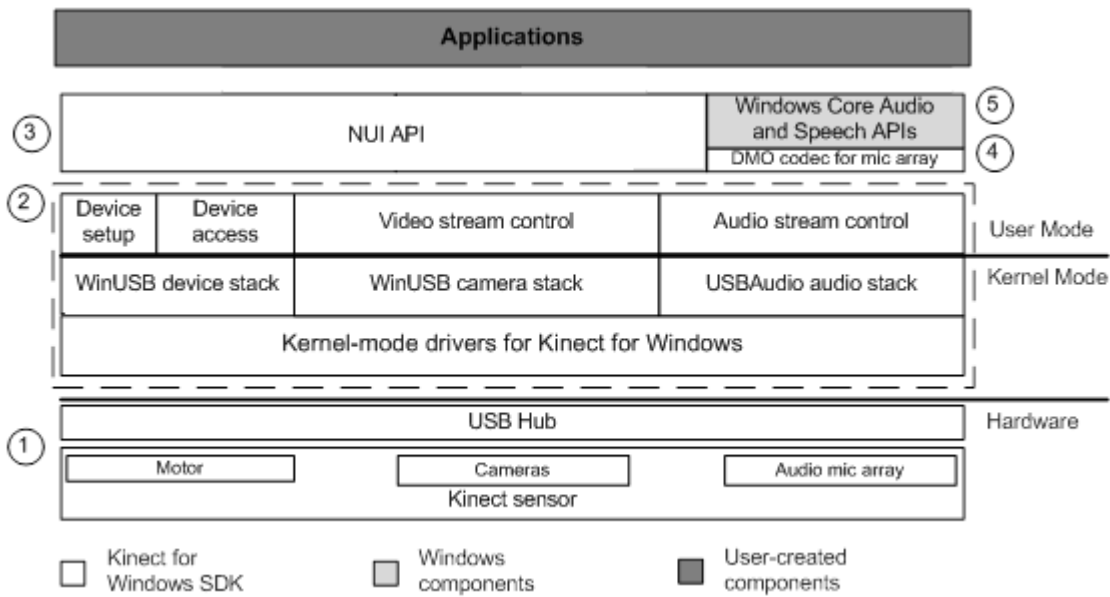


Figura 9 - Arquitetura do Kinect SDK. 1 - Hardware Kinect; 2 - Drivers Kinect; 3 - Natural User Interface (NUI); 4 - Audio codec; 5 - API Windows

O SDK é capaz de detetar até 20 diferentes pontos ou articulações (*joints*) do corpo humano, como se pode observar na figura 10. Faz rastreamento (*tracking*) até 6 pessoas, duas em detalhe e as restantes apenas por posição.

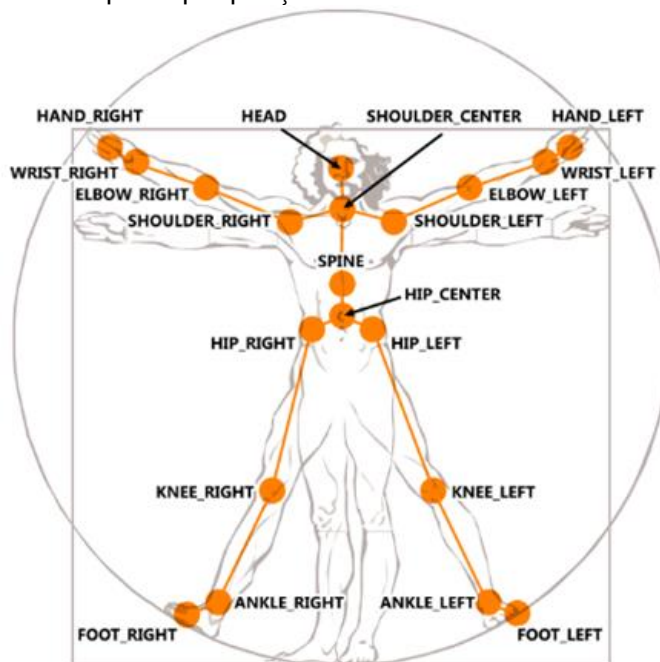


Figura 10 - Os 20 pontos do corpo humano detetáveis pelo Kinect SDK

A posição do esqueleto é representada em metros e usa um sistema de coordenadas destra, ou seja, o eixo Y positivo fica para cima e o eixo X positivo fica para a esquerda, como mostra a figura 11. [28] No Anexo A encontra-se os esquemas e respetivas descrições das classes principais do Kinect.

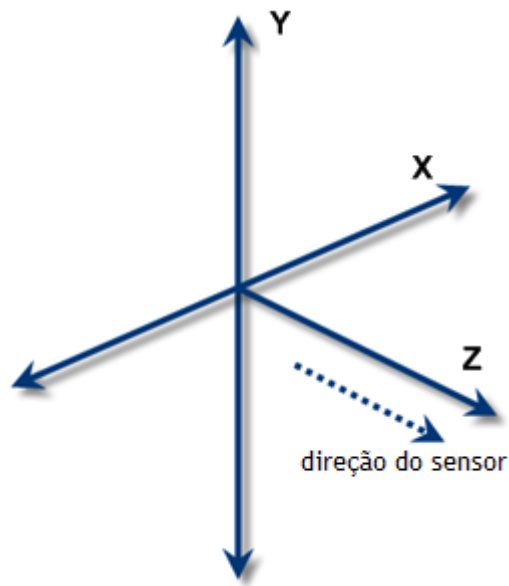


Figura 11 - Sistemas de eixos usado no Kinect

3.3 - Motor de Jogo (Game Engine)

Game engine, traduzido para português como motor de jogo, é o nome dado a um programa de computador projetado para a criação e desenvolvimento de jogos de vídeo. Geralmente apresentam um ambiente de desenvolvimento integrado com um conjunto de ferramentas que facilitam e simplificam o desenvolvimento de jogos. A funcionalidade tipicamente fornecida por um *game engine* inclui um motor gráfico para suportar gráficos 2D e/ou 3D, um motor de física e de detecção de colisões, animação, sons, inteligência artificial, comunicação em rede, gestão de memória, gestão de arquivos, gestão de linha de execução e suporte a uma ou mais linguagens de programação.

Durante a preparação do projeto foram testados dois *game engines* diferentes de modo a obter-se a melhor solução para o problema. Esses game engines são o XNA Game Studio da Microsoft e o Unity 3D da Unity Technologies. Mais adiante, na secção 3.4, serão expostas as diferenças entre eles e a justificação da escolha.

3.3.1 - XNA Game Studio

XNA Game Studio tem como componente principal a *framework* XNA desenvolvida pela Microsoft especialmente direcionada para a criação de jogos compatíveis com o sistema operativo Windows, a consola de jogos Xbox 360 e o sistema operativo móvel Windows Phone 7. Esta *framework* está atualmente na versão 4.0 e suporta a linguagem de programação C#.

O XNA tem como classe principal a classe Game e a sua estrutura já inclui quatro métodos de raiz: Initialize, LoadContent, Update, UnloadContent e Draw. A figura 12

representa um excerto do código inicial da classe principal do XNA e a figura 13 ilustra o funcionamento desses métodos.

```
namespace WindowsGame
{
    public class Game : Microsoft.Xna.Framework.Game
    {
        protected override void Initialize(){}
        protected override void LoadContent(){}
        protected override void UnloadContent(){}
        protected override void Update(GameTime gameTime){}
        protected override void Draw(GameTime gameTime){}
    }
}
```

Figura 12 - Excerto do código em XNA

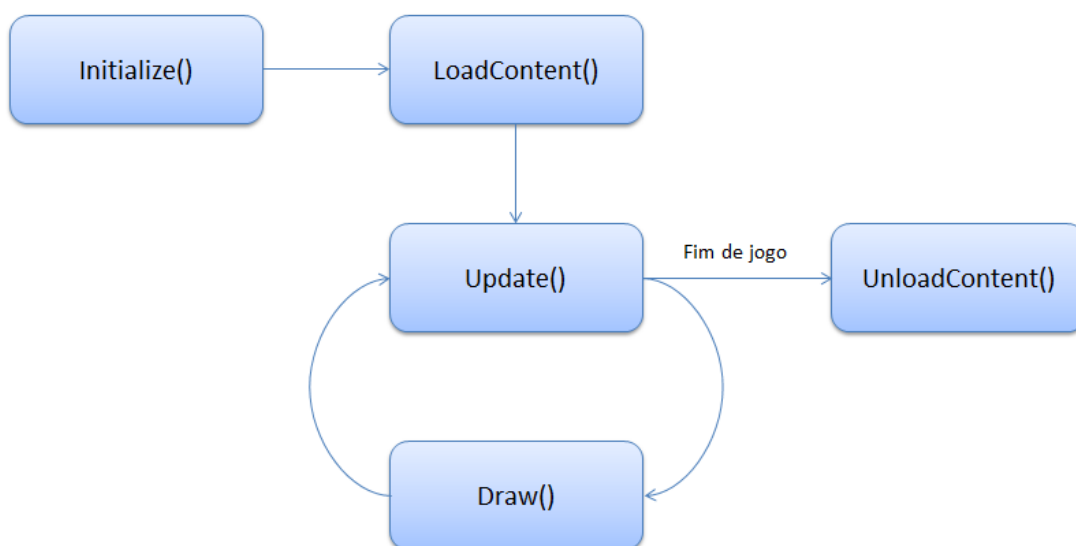


Figura 13 - Esquema do funcionamento de uma aplicação em XNA

Cada um destes métodos tem uma função específica à qual se deve dar atenção no momento de estruturação do código da aplicação a desenvolver. De seguida resume-se cada um dos métodos.

O primeiro, Initialize, é onde ficam todas as operações de inicialização do jogo, como por exemplo variáveis e outros objetos. O LoadContent é chamado após a execução do método Initialize ou em qualquer outro momento que seja necessário recarregar objetos gráficos. Neste método deverão ser carregadas imagens, modelos 3D, sons, etc. O Update é um método que fica em repetição durante a execução do jogo. É o local ideal para colocar toda a lógica do jogo, como por exemplo, mover objetos. O método Draw tem o objetivo de

fazer a apresentação gráfica no ecrã. Por fim temos o UnloadContent que tem como objetivo “destruir” o conteúdo carregado anteriormente e que já não seja necessário.

Por ser uma plataforma de desenvolvimento, é formada por diferentes componentes e funciona sobre a plataforma Microsoft .NET Framework. Este é um componente integral do Windows que inclui um sistema de execução virtual chamado Common Language Runtime (CLR) e um conjunto unificado de bibliotecas de classes que inclui ADO.NET, ASP.NET, Windows Forms e Windows Presentation Foundation (WPF). [29][30]

Esta plataforma baseia-se num dos princípios utilizados em Java (Just In Time Compiler - JIT), onde os programas desenvolvidos são duplamente compilados, isto é, uma primeira compilação na distribuição, gerando um código conhecido como *bytecodes*, e outra na execução da aplicação. Para o caso em estudo, pretende-se que a aplicação a ser criada seja um executável, na primeira compilação obtém-se um arquivo em Assembly de baixo nível com extensão EXE. [31] Quando o programa é executado, o arquivo em Assembly é carregado para o CLR que pode tomar várias opções com base nas informações nele contido. Se os requisitos de segurança forem aprovados, o CLR executa a compilação JIT para converter o código em instruções de máquina. A figura 14 ilustra de uma forma resumida as relações entre o tempo de compilação e execução do código fonte C#, bibliotecas do Framework .NET e o CLR. [32]

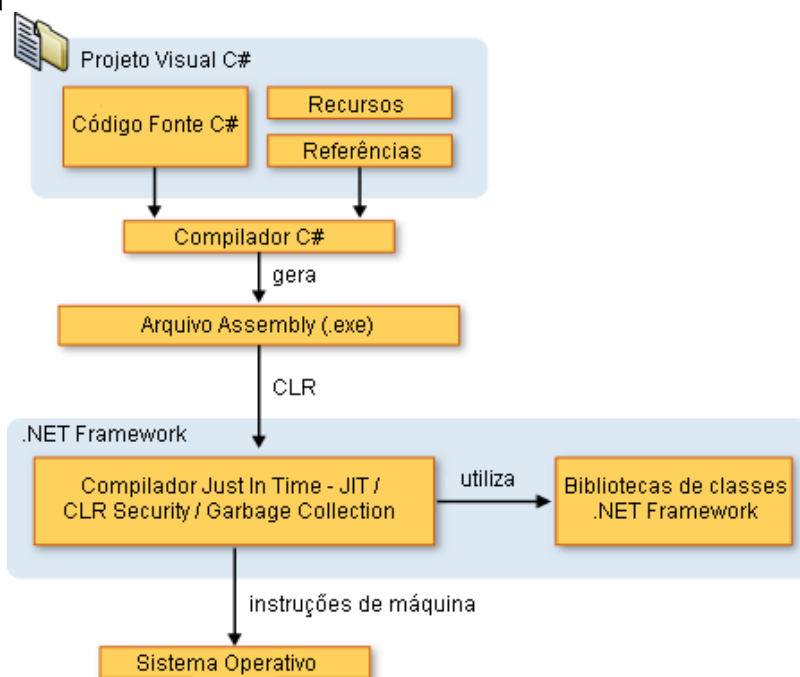


Figura 14 - Arquitetura do Framework .NET

3.3.2 - Unity 3D

Unity 3D, ou simplesmente Unity, é um *game engine* desenvolvido para a criação de jogos em ambiente 2D e 3D, compatível com os principais sistemas operativos, dispositivos

móveis, sistemas web e consolas. O Unity suporta três tipos de linguagem de programação orientado a objetos: Boo, JavaScript e C#. De salientar que a escolha da linguagem cabe ao programador, uma vez que o desempenho não é afetado. Tal como o XNA, também suporta bibliotecas do Framework .NET.

A sua principal característica é o seu editor gráfico que torna possível a pré-visualização do jogo durante o seu desenvolvimento, além do controlo total do ambiente gráfico. Por exemplo, é possível inserir conteúdo diretamente no editor e usar as diferentes ferramentas para manipular esses objetos, ou ainda controlar a posição da câmara de jogo, definir ações, inserir diretamente texto, etc. Objetos referem-se a tudo que faz parte do jogo, desde imagens, texto, gráficos ou som. A eles são associados ficheiros chamados scripts. São estes scripts que contêm o código, numa das linguagens de programação permitidas. É possível usar qualquer combinação das três línguas num único projeto, embora haja certas restrições nos casos em que um script incorpora classes definidas noutra script. É ainda possível testar o jogo diretamente no editor sem compilar a versão definitiva.

Como já referido, o Unity possibilita a escolha de três linguagens de programação que além da sintaxe apresentam algumas diferenças na escrita entre elas. Todos os scripts devem herdar, direta ou indiretamente, da classe base `MonoBehaviour`. Isto acontece automaticamente no Javascript (JS), ou seja, não precisa de ser referenciado no código mas deve ser feito explicitamente no caso de C# e Boo. Isto é fundamental na programação orientada a objetos porque fornece recursos especiais tais como os métodos `Awake()`, `Start()`, `Update()` entre muitos outros, fundamentais para o funcionamento do projeto. Outra diferença está a inicialização de variáveis ou funções que no caso de C# e Boo devem ser colocadas dentro dos métodos `Awake()` ou `Start()`, ao contrário do JavaScript em que podem ficar fora delas, uma vez que o JS não está restrito a uma formatação base. Nos exemplos a seguir pretende-se salientar essas diferenças.

C#

```
using UnityEngine;
using System.Collections;

public class Demo : MonoBehaviour {

    float variavel;

    void Start () {
        variavel = 5.0F;
    }

    void Update () {
        Funcao(variavel);
    }

    void Funcao(float valor){
        Debug.Log(valor); //escreve na consola
    }
}
```

Boo

```
import UnityEngine

class Demo (MonoBehaviour):

    variavel as single

    def Start ():
        variavel = 5.0F

    def Update ():
        Funcao(variavel)

    def Funcao(valor as single):
        Debug.Log(valor) #escreve na consola
```

JavaScript

```
var variavel : float = 5.0;

function Start () {
}

function Update () {
    Funcao(variavel);
}

function Funcao(float valor){
    Debug.Log (valor); //escreve na consola
}
```

Figura 15 - Código exemplo nas diferentes linguagens: C#, Boo e JavaScript

De modo a integrar o SDK da Microsoft e assim permitir o uso do Kinect com o Unity, é necessário recorrer a bibliotecas para esse efeito. Estas bibliotecas importam a API do Kinect SDK e já estão preparadas para receber dados do Kinect, tais como imagens a cores e de profundidade ou dados do esqueleto do utilizador. As bibliotecas disponíveis para o Unity são o Zigfu e o Kinect Wrapper Package. Ambos são um conjunto de scripts em C# que permitem o controlo de avatares ou outros objetos através da captura de movimentos feita pelo Kinect. O Kinect Wrapper Package é disponibilizado pelo Unity e é open-source. O zigfu é pago, no entanto disponibiliza uma versão gratuita mas limitada.

3.4 - Justificação das opções de projeto

Para o projeto foi estabelecido que a ferramenta de captura de movimentos a usar seria o Kinect da Microsoft e o seu SDK oficial. Posto isto, a primeira decisão a tomar sobre as tecnologias foi a escolha do motor de jogo que permitisse o controlo de um avatar integrado com a câmara Kinect como dispositivo de interação natural.

Durante a fase de preparação da dissertação, foi feito um jogo como modelo de testes nas duas plataformas, XNA e Unity, que incluía o uso de um avatar controlado através do Kinect. Em ambos os motores de jogo isso foi possível, no entanto verificou-se que no caso do XNA era mais lento a correr o jogo, mesmo numa fase em que não havia muitos objetos de interação ou outro tipo de dados a ser processados como se pode verificar pela figura 16. Esse fator pesou na decisão, uma vez que os terapeutas tinham referido que os computadores disponíveis tipicamente são de fraco processamento. Quanto ao jogo feito no Unity, além da maior rapidez na sua criação, não se notou a mesma lentidão de execução. Esse jogo pode ser visto na figura 17.

Como se pode ver pelas figuras, há uma diferença notável no ambiente gráfico dos jogos, sendo o jogo feito em Unity muito mais apelativo. Isto não quer dizer que não seja possível fazer o mesmo no XNA, apenas levaria mais tempo e seria mais complicado. No caso do XNA (figura 16) o jogo consistia na deteção das articulações (*joints*) do corpo do utilizador e no desenho de uma reta entre elas de modo a formar um avatar. O objetivo era tocar com as mãos nas flores que apareciam da parte superior do ecrã em direção à parte inferior fazendo a contagem do número total de flores capturadas. No jogo feito no Unity 3D, figura 17, foi possível usar um avatar tridimensional controlado pelo Kinect e o objetivo era recolher as maçãs penduradas na árvore, sendo que cada maçã recolhida era contabilizada no cesto.

O XNA é uma plataforma flexível e provavelmente mais intuitiva para os programadores, mas trata-se apenas de uma biblioteca e não disponibiliza um conjunto de

ferramentas que facilitem a criação de jogos e apenas é compatível com o sistema operativo Windows, ao contrário do Unity 3D que é muito mais completo em recursos e ferramentas além de ser compatível com diversos sistemas operativos.

Verificado isto, o Unity 3D foi a escolha como motor de jogos para este projeto.

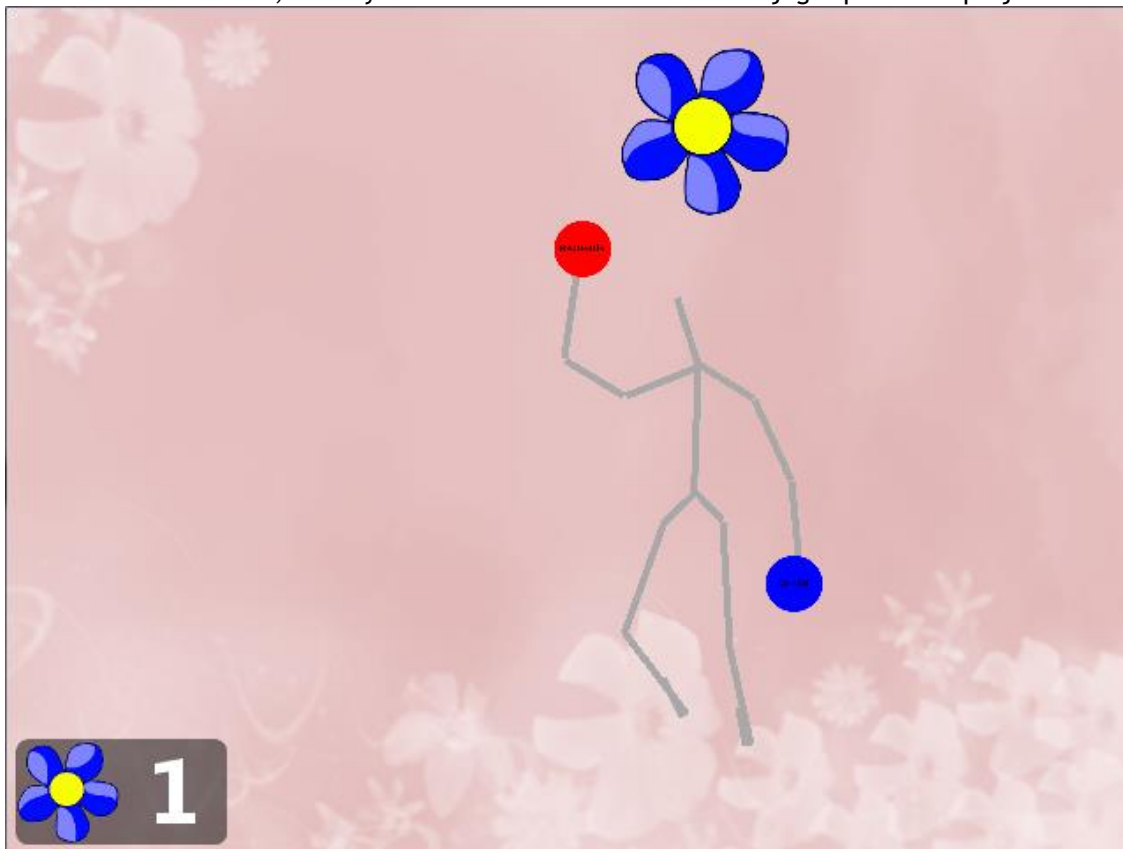


Figura 16 - Jogo feito sobre a plataforma XNA

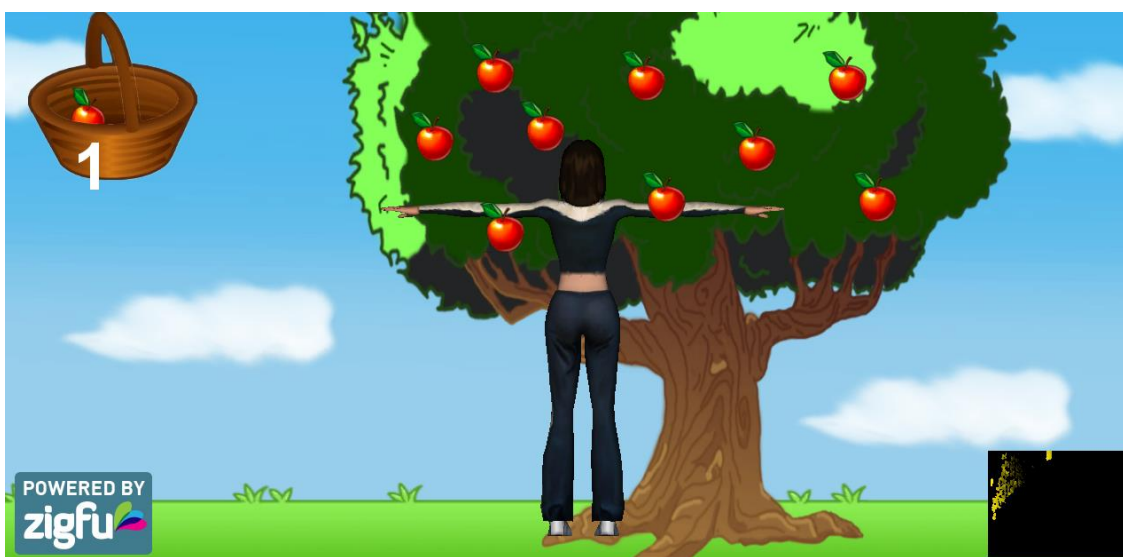


Figura 17 - Jogo feito sobre a plataforma Unity 3D

Capítulo 4

Implementação

Este capítulo apresenta a abordagem seguida para a solução do problema e os detalhes da sua implementação. São referidos os requisitos para os jogos sejam adequados ao público-alvo. É apresentado o jogo fisioterapêutico com um conceito de jogabilidade típico dos *exergames* e a plataforma de gravação e execução de exercícios de fisioterapia. São também apresentadas as suas arquiteturas e como é feita a integração com o PRK-Treatment.

4.1 - Requisitos

Como o objetivo é direcionar os jogos para uma população com diversas limitações físicas e cognitivas, deve-se ter em consideração alguns aspetos importantes na conceção dos jogos.

Começando pelo grafismo, este deve ser o mais simples possível e intuitivo, evitando-se demasiada informação e demasiados acontecimentos a ocorrer em simultâneo. Deve-se ter em consideração o tamanho dos objetos que constituem o jogo e a simplicidade e organização da interface do utilizador (IU). É importante que a IU tenha botões grandes e simples, com letras bem visíveis, e deve-se evitar ao máximo a necessidade de interações necessárias, por exemplo com o rato, para chegar ao menu ou opção pretendida. Assim é importante colocar a informação e as opções mais importantes no menu principal, evitando o uso de vários menus.

Sempre que possível o jogo deve estar programado para executar um conjunto de tarefas automaticamente, não sendo necessário obrigar o utilizador a fazê-las. Por exemplo, usar gravação, carregamento e envio de dados através da web de forma automática.

Outro aspeto importante é o facto de os doentes de Parkinson, dependendo do estado da doença, apresentarem grandes dificuldades na execução de movimentos. Por este motivo a velocidade de movimentação do jogo deve ser adaptada ao grau da doença, apresentando

sempre velocidades baixas, mesmo que pareçam demasiado lentas a outros intervenientes que não sofram de DP.

Não deve haver um conceito de jogo de ganha/perde, antes pelo contrário, objetivos não alcançados devem poder ser repetidos. A isto deve ser acrescentado o fator motivação de modo a incentivar os pacientes a executar os movimentos pretendidos.

4.2 - Jogo fisioterapêutico para doentes de Parkinson

De modo a integrar o Kinect com o Unity 3D, como explicado em 3.3.2, foi usada neste caso a biblioteca Zigfu. Como se pode verificar pela figura 18, o utilizador controla um *avatar* por captura de movimentos através do Kinect com o qual interagirá com o ambiente virtual. O objetivo é usar o avatar para recolher as frutas que aparecem durante o jogo e que descem do topo do ecrã, lançadas por uma nuvem, até ao chão (parte inferior do ecrã) incentivando o paciente a mover-se.

Este conceito de jogo não pretende definir ou estabelecer um conjunto de exercícios pré-definidos mas sim dar total liberdade ao paciente para se movimentar livremente para completar os objetivos. Este é um conceito importante para os doentes de Parkinson que necessitam de motivação para se exercitarem sem a necessidade de seguir regras ou praticar apenas movimentos repetitivos.

Para este jogo, decidiu-se pelo uso de gráficos numa perspetiva 2D para facilitar a perceção por parte dos idosos. De acrescentar que não há conceito de *game over*, ou de perder o jogo, para não deixar os pacientes frustrados ou desmotivados por não completarem o objetivo à primeira tentativa. Por outro lado, há mensagens de incentivo pelos objetivos atingidos.

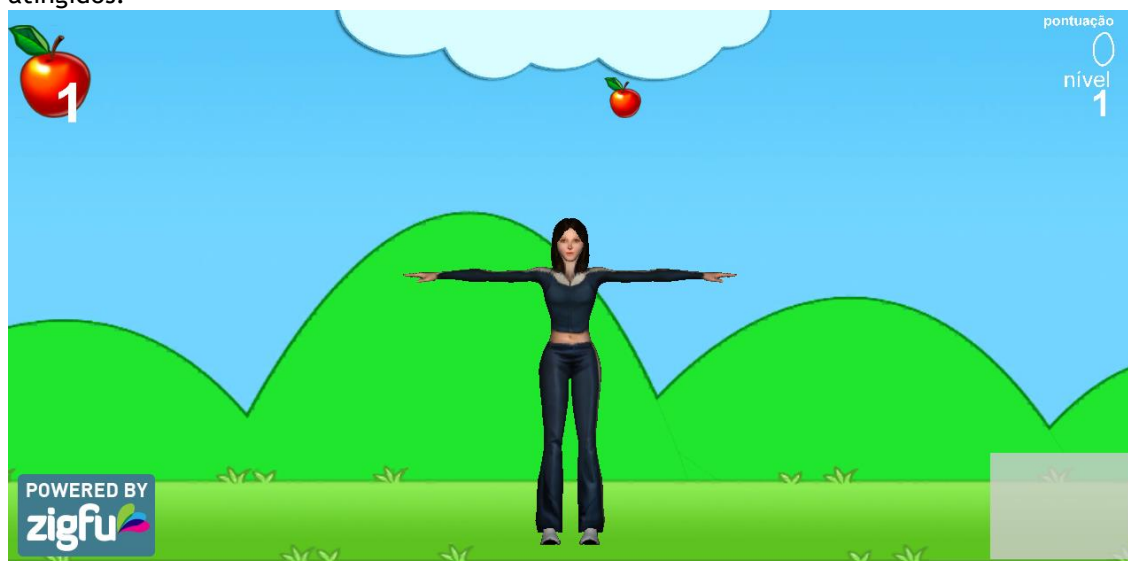


Figura 18 - Demonstração do jogo

4.2.1 - Arquitetura

A arquitetura deste sistema está representada na figura 19. O jogo está preparado para receber informação sobre o utilizador através de um ficheiro XML. Essa informação é depois atualizada quando ocorre alterações durante o jogo, como mudança das preferências, nova pontuação máxima e o completar de níveis.

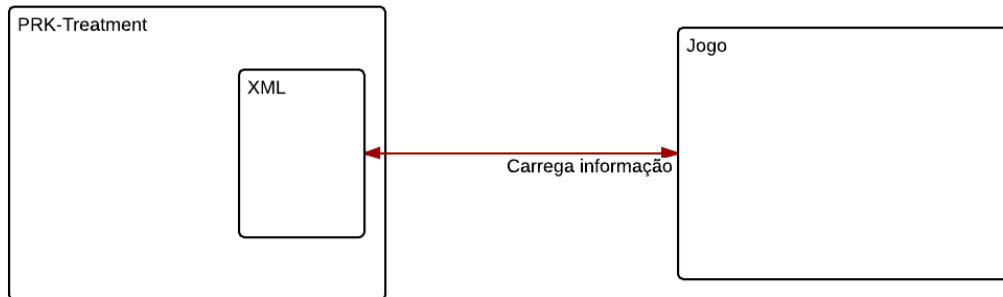


Figura 19 - Arquitetura do jogo

O PRK-Treatment contém, associado à conta do utilizador, um ficheiro XML com informação relevante para o jogo, como pontuação, níveis completos e definições. Ao executar o jogo, os dados guardados no XML são carregados. Sempre que se verifica alterações o ficheiro XML é alterado e atualizado na aplicação *web* PRK-Treatment, que serve de base de dados. Essa informação é única para cada utilizador.

Os dados são importantes para a customização personalizada do jogo. O nome do utilizador, pontuação e níveis completos são apresentados no ecrã e o jogo é traduzido automaticamente conforme a língua escolhida: português, inglês ou espanhol. Existem mais dois campos referentes às preferências de jogo: a dificuldade do jogo e o modo sentado (Seated Mode) que é uma opção para pacientes que usem uma cadeira.

No [Anexo B](#) está disponível um exemplo desse ficheiro para um utilizador. Informação, como a pontuação ou os níveis completados, é também exibida na plataforma *web* de modo a incentivar os pacientes a comparar resultados a motivá-los para potenciais melhorias de performance.

4.2.2 - Seated Mode

Seated Mode faz parte da API do Kinect e é uma opção para fazer a captura de movimentos da parte superior do corpo do utilizador. Este modo está implementado no jogo e pode ser ativado nas opções, o que é extremamente útil para o caso em que o paciente por dificuldades ou limitações físicas tem de estar sentado numa cadeira ou sofá. Como se pode ver pela figura 20, o modo Seated Mode apenas faz o *tracking* de 10 *joints* da parte superior

do corpo - ombros, cotovelos, pulsos, braços e cabeça. Deste modo evita-se a deformação da parte inferior do avatar. O Seated Mode fornece um melhor mapeamento do corpo quando o sensor de profundidade do Kinect está em Near Mode (modo de perto).

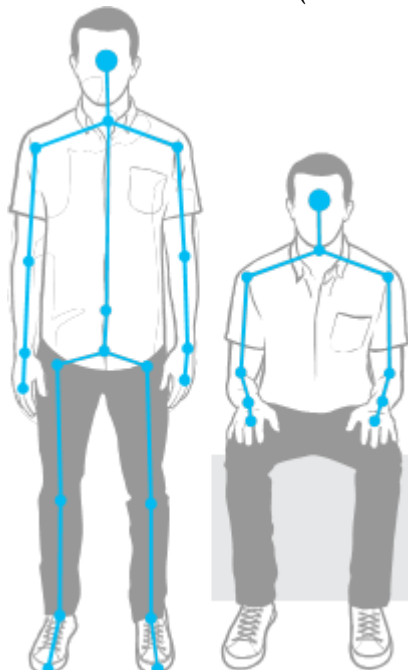


Figura 20 - Demonstração do tracking em Default (à esquerda) e em Seated Mode (à direita)

4.2.3 - Near Mode

O Near Mode, já introduzido na secção 3.1, permite a deteção de movimentos a distâncias curtas do Kinect. Este deve ser ativado sempre que o utilizador se encontra próximo da câmara, a uma distância mínima de 40 centímetros. Tendo em conta que o campo de visão é limitado em Near Mode deve-se usar juntamente com o Seated Mode para melhorar a performance do *tracking*. Também faz parte das opções do jogo.

4.2.4 - Outras opções de jogo implementadas

A opção do controlo da inclinação da câmara Kinect também está implementada. Deste modo o utilizador não força o motor ao mover a câmara manualmente. Como já referido em 3.1, o ângulo de inclinação vai de -27° até $+27^\circ$ como se verifica pela figura 21.

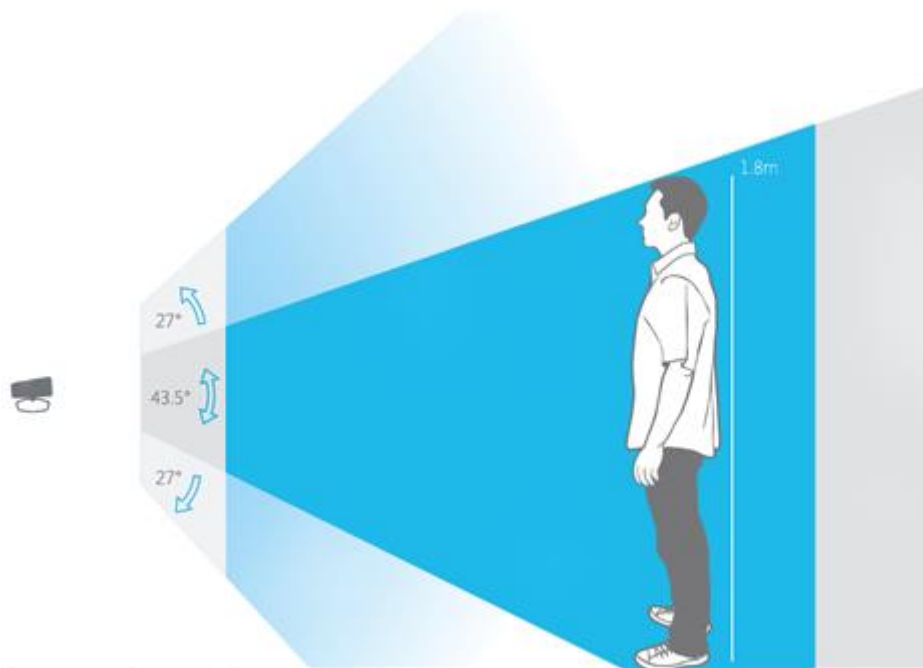


Figura 21 - Inclinação vertical do Kinect

Quando um utilizador está fora do ângulo de captura e o Kinect deixa de fazer *tracking*, o avatar tende a ficar numa posição deformada. De modo a corrigir esse problema foi implementado um método para que quando o Kinect deixe de detetar um utilizador, coloque o avatar numa posição realista.

No início do jogo as posições e rotações de cada articulação que constituem o avatar na sua posição normal, como se encontra na figura 18, são gravadas num vetor. Quando o Kinect deixa de detetar o utilizador, é chamado um método que usa esses valores para repor o avatar na sua posição inicial. O objetivo é apenas o de não deixar o avatar deformado, para não confundir os pacientes.

4.3 - Plataforma de fisioterapia para doentes de Parkinson

O segundo jogo desenvolvido tem um conceito diferente do anteriormente descrito. Aqui pretende-se usar a captura de movimentos para gravar um conjunto de exercícios feitos pelo fisioterapeuta de modo a serem posteriormente reproduzidos e copiados pelo paciente, nas suas sessões de fisioterapia ou em casa através de um computador pessoal.

Este conceito é importante para motivar os pacientes a praticar os exercícios aconselhados pelos fisioterapeutas, principalmente fora das sessões de fisioterapia, pois tendem a não ter motivação ou alguém que lhes exemplifique os movimentos. Assim, usando um conceito mais apelativo, pretende-se incentivar e motivar os pacientes a usarem esta plataforma para fazerem os “trabalhos de casa”.

Para isso dividiu-se a plataforma em duas partes, uma aplicação para os fisioterapeutas onde é possível fazer gravação de movimentos e som, e outra para o paciente que reproduz os ficheiros gravados e receitados pelo terapeuta. Essas duas aplicações são descritas a seguir separadamente.

4.3.1 - Aplicação Physiotherapist

Esta aplicação, destinada aos fisioterapeutas, permite o controlo de um avatar através do Kinect para a gravação de exercícios específicos da fisioterapia de DP. A figura 22 mostra esse avatar e o ambiente gráfico que a constitui.

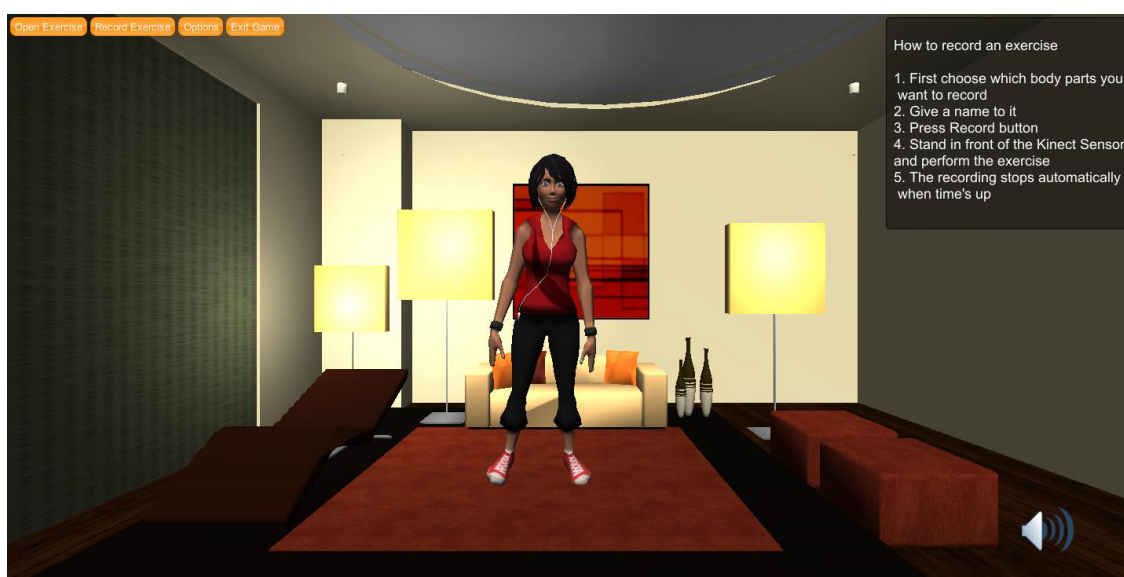


Figura 22 - Physiotherapist: Plataforma para os fisioterapeutas

O fisioterapeuta pode gravar os exercícios com ou sem som a acompanhar. O acompanhamento de som é importante para guiar o paciente ao longo do exercício ou para o motivar. Existe um conjunto de opções associadas à gravação de movimentos que podem ser modificadas em Options. Como se pode ver pela figura 23 número 3, é possível escolher quais as partes do corpo a controlar, o tempo de início de gravação, o tempo de gravação e a opção de incluir ou não som nos exercícios. Para gravar um exercício é necessário dar um nome ao ficheiro. Depois de se carregar em Record, figura 23 número 2, inicia-se uma contagem decrescente conforme configurado nas opções em Countdown to record time, para que o fisioterapeuta tenha tempo de se colocar à frente da câmara. Após terminada essa contagem, todos os movimentos capturados serão gravados num ficheiro binário e o som num ficheiro de formato .wav, ambos com o mesmo nome dado pelo utilizador. A gravação de movimentos termina quando o tempo de duração configurado em Exercise time chegar ao fim. É também possível reproduzir os ficheiros gravados, para isso basta carregar em Open onde aparecerá uma janela para seleccionar o ficheiro binário do exercício pretendido. Se existir um ficheiro

.wav com o mesmo nome que o ficheiro binário é porque o exercício continua som a acompanhar e será reproduzido automaticamente.

Nesta plataforma existe um ficheiro XML para guardar informação das preferências utilizadas nas opções.

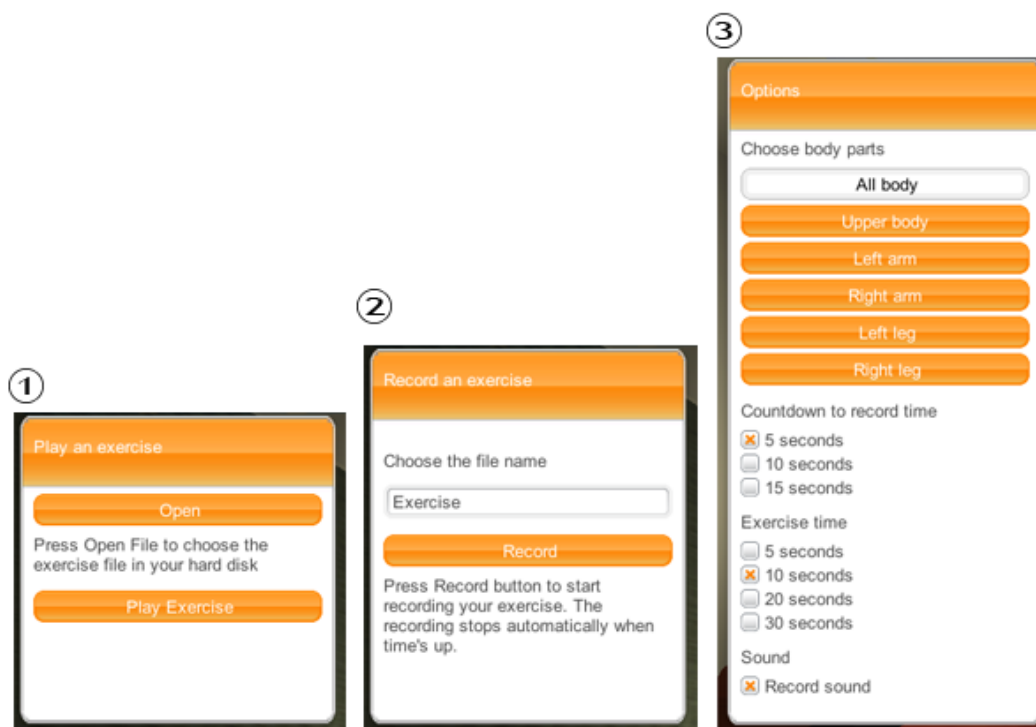


Figura 23 - Interface do utilizador da plataforma Physiotherapist: 1 - Abrir ficheiro; 2 - Gravar exercício; 3 - Opções de gravação

4.3.2 - Aplicação Patient

A aplicação Patient, orientada aos pacientes, faz uso do Kinect para controlo de um avatar tal como a aplicação dos fisioterapeutas mas com um objetivo diferente. Como se pode ver na figura 24 existem dois avatares, sendo que o que está de roupa vermelha serve como instrutora do exercício e o que está de azul é o avatar controlado pelo paciente através do Kinect. A instrutora reproduzirá automaticamente os movimentos gravados no pelo fisioterapeuta, como descrito em 4.3.1, e o paciente terá de replicar esses movimentos. Como se pode ver, há um tempo de execução para cada exercício programado conforme o fisioterapeuta achar o mais indicado para a situação.

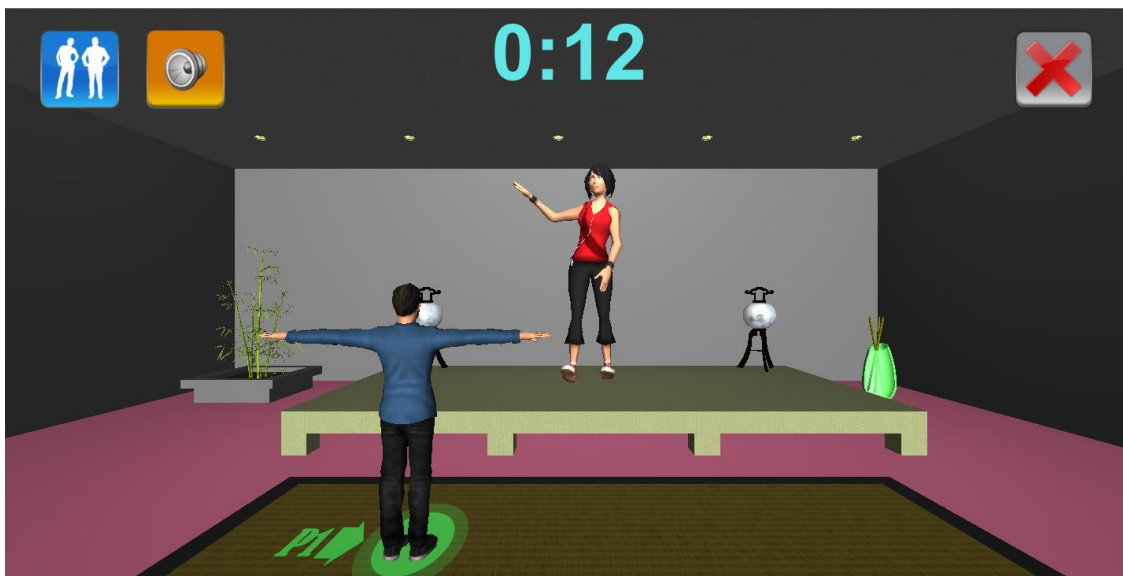


Figura 24 - Patient: Plataforma para os pacientes

Neste caso o ambiente gráfico e a interface do utilizador são simples e minimalistas para uma melhor visualização e interpretação da realidade virtual apresentada e não contém muitos fatores distrativos, conforme referido pela Associação Portuguesa de Doentes de Parkinson (APDPK) e pela Associação de Parkinson de Madrid (Asociación Parkinson Madrid), que possam causar dificuldade na concentração das tarefas a executar.

As opções da interface foram reduzidas ao mínimo, sendo que é possível optar pela escolha de um ou dois jogadores, conforme apresentado na figura 25. Esta opção pode ser útil para que haja mais um paciente a fazer o mesmo exercício e neste caso ambos podem motivar-se mutuamente ou para que um responsável, fisioterapeuta ou um familiar, possam também eles acompanhar a execução dos movimentos e assim apoiar e motivar o doente.

As outras opções disponíveis são a ativação ou não do som que acompanha o exercício e um botão para sair da plataforma.



Figura 25 - Patient: Dois jogadores ativos

4.3.2.1 - Arquitetura

A figura seguinte mostra como a plataforma está integrada com a aplicação web PRK-Treatment.

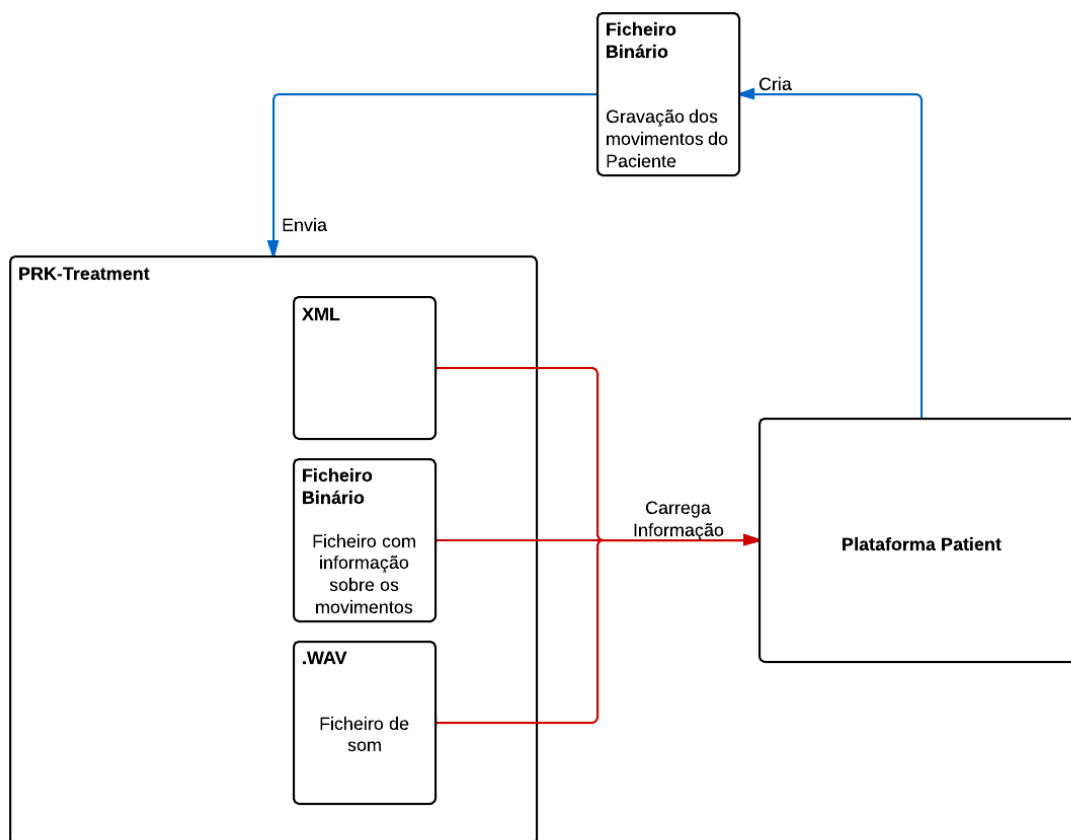


Figura 26 - Arquitetura da plataforma Patient

A partir da aplicação web PRK-Treatment os fisioterapeutas associam à conta do paciente um conjunto de exercício gravados através da aplicação Physiotherapist, cada um com indicação do tempo de execução e se deve ou não ser jogado por dois jogadores. Essa informação é guardada num ficheiro XML, que pode ser visto no [Anexo C](#).

De modo a facilitar todo o processo de execução da aplicação Patient e a reprodução dos respetivos ficheiros, o utilizador a partir da plataforma web seleciona o exercício pretendido e esta lança a aplicação Patient com os dados necessários, isto é, o XML e os ficheiros de movimento e som.

O ficheiro XML indica qual o nome do ficheiro a executar (ficheiro binário e ficheiro de som têm o mesmo nome, só muda a extensão), o número de jogadores e o tempo de execução. Este processo de execução automática diminui o número de interações necessárias ao paciente para chegar ao objetivo final.

De modo a obter dados para análise sobre os movimentos efetuados pelo paciente, as tentativas de execução dos exercícios pelo paciente são gravadas e enviadas para a plataforma web, permitindo aos fisioterapeutas reproduzirem e analisarem os movimentos.

No [Anexo D](#) pode ser vista a arquitetura final da Plataforma de Fisioterapia para Doentes de Parkinson.

Capítulo 5

Testes e Resultados

Neste capítulo apresentam-se os testes efetuados e os resultados obtidos. A plataforma foi testada utilizando exercícios de fisioterapia para doentes de Parkinson como referência e registou-se quais as limitações encontradas no Kinect. São apresentados os resultados dos inquéritos feitos em diferentes situações, destacando-se a importância da opinião dos pacientes e fisioterapeutas. Por último é feita uma discussão dos resultados obtidos.

5.1 - Exercícios propostos pelos fisioterapeutas

A APDPk e a Associação de Parkinson de Madrid discutiram e selecionaram em conformidade um conjunto de exercícios que consideram importantes na fisioterapia de doentes de Parkinson. Esses exercícios encontram-se ilustrados e descritos no [Anexo E](#) e foram testados na plataforma de fisioterapia para doentes de Parkinson, descrita em [4.3](#).

Verificou-se que nem todos os exercícios são possíveis de gravar através do Kinect, devido a interferências com os objetos usados. Como a maioria dos exercícios requer equilíbrio, é aconselhado o uso de objetos fixos como apoio, por exemplo uma cadeira. O uso de uma cadeira pode causar interferências com a leitura do corpo do utilizador por parte do Kinect e causar deformação no avatar, o que pode dificultar a visualização correta dos movimentos.

5.2 - Limitações registadas do Kinect

Como referido pela Microsoft no manual do utilizador e verificado em [5.1](#), o Kinect apresenta algumas limitações que dificultam a captura correta de certos movimentos. De seguida apresenta-se por tópicos essas limitações.

- O Kinect necessita de detetar a totalidade do corpo. Deve-se por isso estar a uma distância entre os valores normais apresentados na figura 6, capítulo 3;

- Não deve haver nenhum obstáculo entre o jogador e o sensor. Ou seja, deve-se usar o Kinect num espaço sem objetos que possam interferir e com boa iluminação;
- Pessoas que não façam parte do jogo devem sair da frente do campo de visão do Kinect para não causar interferências;
- Rotações completas do corpo não são possíveis. O Kinect está preparado para reconhecer utilizadores de frente para ele. Poses laterais ou de costas causam maior dificuldade na deteção das articulações do corpo.

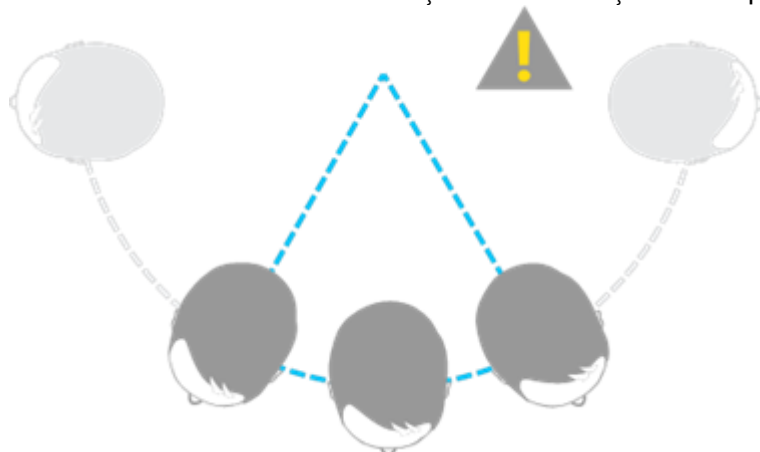


Figura 27- Exemplo do limite máximo de rotação da cabeça que o Kinect reconhece

Devido a estas limitações do Kinect, alguns exercícios não podem ser gravados com a eficácia pretendida. No entanto é possível gravar de forma muito satisfatória todo o tipo de exercícios que não estejam dentro das limitações apresentadas.

5.3 - Inquéritos efetuados

De modo a recolher um feedback de pessoas exteriores à empresa, foi possível apresentar as plataformas do projeto e recolher informação sob a forma de inquérito em dois eventos distintos, que são de seguida descritos e analisados.

5.3.1 - Evento Portugal Maior

Este evento ocorreu em Lisboa, em Dezembro de 2012 na FIL, e tinha como objetivo promover tecnologia orientada à população sénior. Houve a oportunidade de apresentar o projeto e recolher informação ao mais variado nível de público, principalmente pessoas ligadas à área da saúde com experiência no tratamento de idosos com diversas doenças, inclusive Doença de Parkinson.

Foi efetuado um inquérito a 18 indivíduos, dos quais 8 eram do sexo masculino e 10 do sexo feminino, com uma média de idades de 41 anos.

De seguida apresentam-se os gráficos dos resultados obtidos às perguntas sobre o Jogo Fisioterapêutico, 4.2. Foi usada uma escala com valores entre 1 (muito mau) e 5 (muito bom).

Facilidade de interação

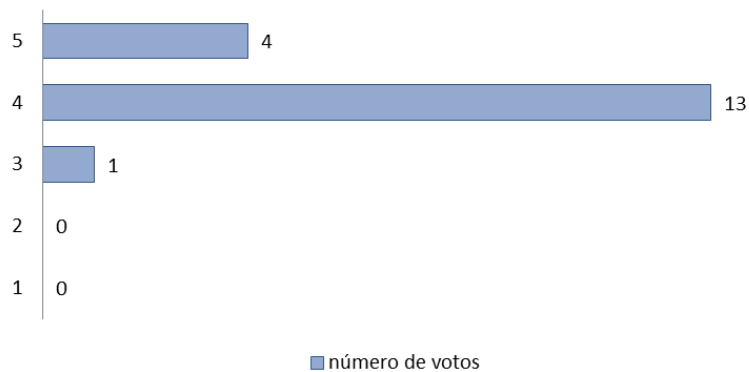


Figura 28 - Facilidade de interação com o ambiente virtual e Kinect

Aspeto gráfico

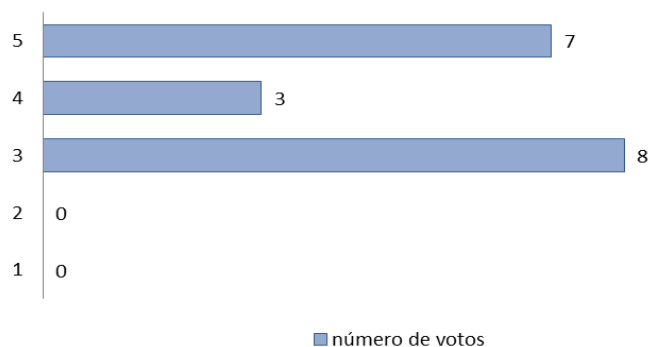


Figura 29 - O aspeto gráfico do jogo. Fundo, cores, avatar, etc.

Facilidade de aprendizagem

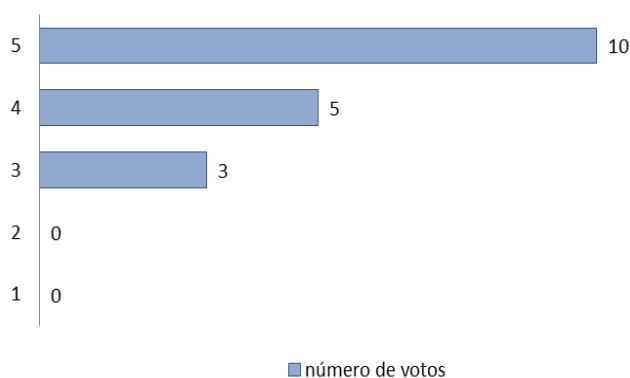


Figura 30 - Facilidade de aprendizagem do objetivo do jogo, do modo como se deve executar movimentos, etc.

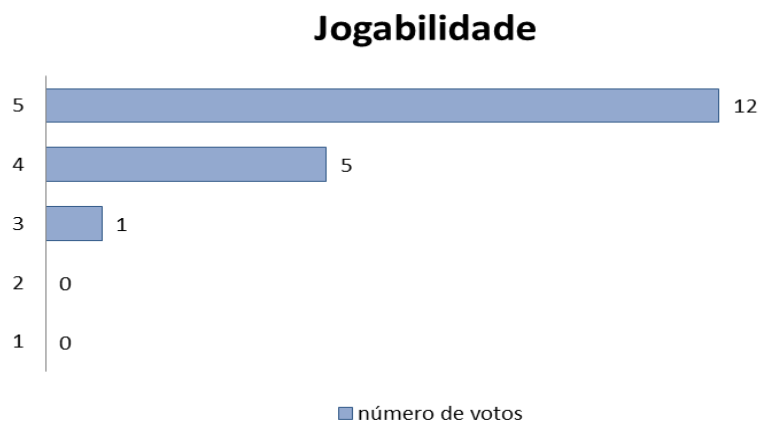


Figura 31 - Tipo de movimentos necessários para jogar, posição relativa ao Kinect, distância ao monitor, etc.

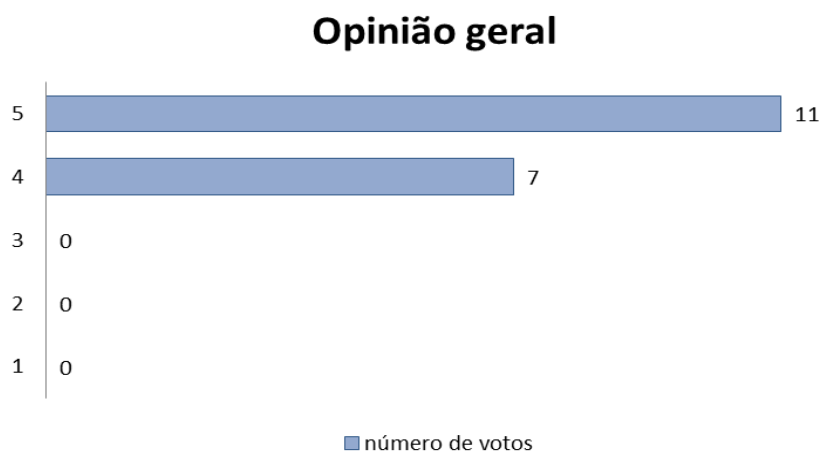


Figura 32 - Opinião geral sobre o conceito do jogo e sua finalidade

De seguida apresentam-se duas questões, de resposta sim ou não, colocadas aos inqueridos e os seus respetivos gráficos das respostas dadas.

Figura 33 - Já tinha experimentado jogos que promovem o exercício físico?

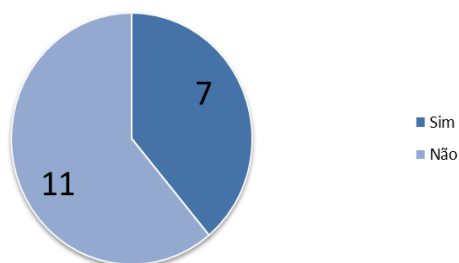
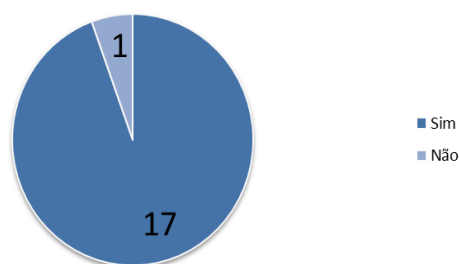


Figura 34 - Utilizaria uma aplicação deste tipo como auxílio ao tratamento de uma limitação física?



Uma vez que os indivíduos que preencheram os inquéritos estão direta ou indiretamente relacionados à área da saúde na terceira idade, considera-se os resultados obtidos bastante satisfatórios e úteis para uma melhoria futura. Como se pode verificar, apesar de um grande número de pessoas nunca ter experimentado *exergames*, jogos de exercício, a maioria respondeu que utilizaria um jogo como apoio à fisioterapia. De salientar a opinião geral em relação a estes jogos e como consideraram simples a jogabilidade e a facilidade de aprendizagem e adaptação ao jogo.

Quando feita esta demonstração, a plataforma de fisioterapia para doentes de Parkinson, 4.3, ainda se encontrava em desenvolvimento, mas foi possível demonstrar o protótipo disponível e obter um feedback das pessoas, o que foi tomado em conta em desenvolvimento posterior. No Anexo F encontram-se as opiniões e sugestões recolhidas das pessoas que responderam ao inquérito.

5.3.2 - Instalação e testes na APDPk

Em Janeiro de 2013, durante a instalação e testes do PRK-Treatment juntamente com a Associação de Doentes de Parkinson de Portugal, foi possível apresentar e testar com fisioterapeutas e pacientes com doença de Parkinson as plataformas desenvolvidas neste projeto. Foi possível recolher informação mais específica por parte de pessoas que lidam diariamente com esta situação e para os quais a aplicação foi desenvolvida.

Foram questionados uma fisioterapeuta e dois pacientes sobre o jogo e a plataforma desenvolvidas para efeitos de fisioterapia (descritas em 4.2 e 4.3). De seguida apresenta-se as perguntas feitas aos envolvidos e as respetivas respostas obtidas.

5.3.2.1 - Resultados do inquérito feito à fisioterapeuta

O questionário seguinte é feito através da avaliação com valores entre 1 (muito mau) e 5 (muito bom) das duas plataformas desenvolvidas e descritas neste projeto.

	Jogo Fisioterapêutico	Plataforma de Fisioterapia
Conceito/ideia	5	4
Facilidade de interação	5	3

Interface do utilizador	4	3
Aspeto gráfico	4	4
Opinião geral	5	4

Tabela 1 - Resultado ao questionário sobre as plataformas de fisioterapia desenvolvidas

	Jogo	Plataforma
Acredita que estas aplicações podem ser úteis no apoio à fisioterapia para doentes de Parkinson?	Sim	Sim

Tabela 2 - Pergunta sobre a utilidade das plataformas

Sugestões e críticas

Jogo

“Acrescentar diferentes objetos e outros graus de dificuldade. Porém, aquilo que foi feito foi claramente melhor do que o existente”

Plataforma

“Correção de falhas na gravação (objetivo é que os movimentos gravados sejam bem perceptíveis para imitar). Os erros de gravação podem confundir o paciente. Seria interessante que fosse possível gravar os exercícios numa cadeira ou na posição lateral”

Na opinião da fisioterapeuta da APDPk, o conceito do Jogo Fisioterapêutico é o mais adequado e interessante para os pacientes, pois não impõe movimentos repetitivos e regras de execução de movimentos, apesar de acharem que ambas as plataformas são um complemento útil à fisioterapia de reabilitação e manutenção de doentes de Parkinson. Como se pode concluir pelas respostas dadas ao inquérito, a fisioterapeuta ficou particularmente agradada com o jogo e a sua facilidade de interação através do Kinect. De referir que o aspeto gráfico e o ambiente virtual do jogo receberam uma crítica positiva por ser simples e bem perceptível.

Quanto ao programa de gravação de exercícios, como verificado em 5.1, nem todos os exercícios são possíveis de gravar. Foi esta limitação do Kinect que a fisioterapeuta referiu como ponto de atenção a melhoramentos, para se obter uma execução quase perfeita da gravação dos exercícios.

5.3.2.1 - Resultados dos inquéritos feitos aos pacientes

Os testes seguintes e informação recolhida foram feitos a dois pacientes com doença de Parkinson, durante as suas sessões de fisioterapia, que experimentaram ambas as plataformas.

	Idade	Sexo
Paciente 1	63	Masculino
Paciente 2	60	Feminino

Tabela 3 - Idade e sexo dos pacientes que experimentaram as plataformas

Jogo Fisioterapêutico		
Perguntas colocadas	Paciente 1	Paciente 2
Gostou de fazer exercício enquanto jogava?	Sim	Sim
Achou difícil de jogar?	Não	Não
Gostou do jogo?	Sim	Sim

Tabela 4 - Respostas dos pacientes referentes ao jogo

Plataforma de Fisioterapia		
Perguntas colocadas	Paciente 1	Paciente 2
Gostou de fazer exercícios de fisioterapia através desta plataforma?	Sim	Sim
Acha que conseguiria fazer sozinho(a) em casa?	Sim	Sim

Tabela 5 - Respostas dos pacientes referentes à plataforma de gravação de exercícios

Sugestões e críticas

Paciente 1

Jogo	Achou muito interessante, gostou do cenário, avatar e conceito das frutas. Disse que gostava de poder jogar em casa.
Plataforma	Disse que gostaria de fazer exercícios para o corpo todo. Gostou mais do jogo.

Paciente 2

Jogo	Gostou do jogo e achou simples de jogar.
Plataforma	Achou mais difícil que o jogo, mas depois de entender a ideia da jogabilidade achou que seria mais fácil fazer os exercícios propostos.

Tabela 6 - Sugestões e críticas dos pacientes

Ao observar os pacientes a jogar os programas desenvolvidos através do Kinect verificou-se que, após uma breve explicação de como se deve mover para controlar o avatar e interagir com o ambiente virtual, estes não mostraram dificuldades na aprendizagem e rapidamente entenderam como se deveriam movimentar e que espaço ocupar para que o Kinect capture os seus movimentos. Claro que não podemos tirar conclusões apenas com dois inqueridos, mas o resultado foi bastante satisfatório e motivador para se continuar a desenvolver mais plataformas adaptadas às necessidades destes indivíduos. Ambos os pacientes mostraram maior interesse pelo jogo, devido ao ambiente gráfico envolvente e conceito de jogo de movimentos livres, sem grandes restrições. Foi interessante observar que o apoio dos fisioterapeutas com palavras de incentivo e indicações de como e para onde se poderia mover criaram um ambiente descontraído e motivador aos pacientes que mostraram estar divertidos e empenhados.

5.4 - Discussão dos resultados

Os testes e o *feedback* recebido mostraram que ambas as aplicações foram bem aceites e que podem ser extremamente úteis no apoio à fisioterapia de reabilitação e manutenção de doentes de Parkinson. O uso do Kinect como meio de interação natural com o ambiente gráfico mostrou ser uma boa aposta com resultados satisfatórios, pois não se verificaram grandes dificuldades por parte dos pacientes em entender o seu funcionamento. Pelo contrário, os pacientes perceberam rapidamente que os seus movimentos estavam a ser replicados e reproduzidos no avatar.

A ideia e conceito de usar um jogo como meio de incentivo à atividade física parece ser o que mais cativou os pacientes e os fisioterapeutas. Quanto à plataforma de gravação e reprodução de exercícios também se obteve resultados positivos, no entanto as limitações da tecnologia restringiu um pouco a gravação de certos movimentos.

Capítulo 6

Conclusões e Trabalho Futuro

6.1 - Conclusões

Na pesquisa realizada inicialmente verificou-se que há uma necessidade de fornecer e adaptar a tecnologia existente no apoio à fisioterapia de reabilitação e manutenção de doentes de Parkinson para os ajudar a alcançar uma melhor qualidade de vida. O surgimento de tecnologia acessível e de pequeno porte aumentou o interesse em desenvolver plataformas com base nessa tecnologia e orientadas ao apoio de pessoas com essa necessidade. O objetivo é o de auxiliar os fisioterapeutas e principalmente promover a atividade física dos pacientes, tanto nas sessões de fisioterapia como no seu próprio lar.

O trabalho desenvolvido neste projeto permitiu criar duas plataformas distintas que recorrem a um sistema de captura de movimentos de grande capacidade, mas ao mesmo tempo acessível e barato, como meio de interação natural. Essas duas plataformas têm conceitos de jogo diferentes e estão ambas incorporadas com um sistema de apoio à terapia de doentes de Parkinson, o PRK-Treatment.

Foi muito interessante e ao mesmo tempo recompensante verificar o entusiasmo e empenho que os pacientes mostraram ao experimentar as plataformas. Também os fisioterapeutas demonstram agrado e elogiaram bastante o trabalho desenvolvido.

Todos os objetivos estabelecidos no início do projeto foram alcançados, no entanto ainda há conceitos a explorar de modo a tornar a experiência do utilizador mais agradável e objetiva, com melhores resultados.

6.2 - Trabalho Futuro

Desenvolver aplicações com uma base tecnológica relativamente recente para uma população idosa e principalmente com problemas de saúde não é uma tarefa fácil, pois requer bastante estudo do meio envolvente, compreensão da situação vivida e adaptação às dificuldades encontradas, não só devido à falta de conhecimentos e interação com as novas tecnologias por parte desta população, mas por na maioria dos casos ter pouca receptividade. Um melhoramento contínuo deve estar sempre presente, principalmente quando é para facilitar a interação entre paciente e a plataforma e tornar essa experiência mais enriquecedora e objetiva.

Como se pretende que os pacientes sejam acompanhados pelos fisioterapeutas é importante haver uma recolha de dados contínua de modo a se obter resultados que permitam avaliar a progressão dos mesmos. Assim propõe-se que seja esse o caminho a seguir em implementações posteriores.

De seguida apresentam-se algumas sugestões para um trabalho futuro que se consideram interessantes e complementares à fisioterapia.

Jogo fisioterapêutico:

- Variar a dificuldade de um jogo adaptado a doentes de Parkinson, pode estar relacionado não só com a velocidade dos movimentos, mas com o aspeto gráfico e sonoro do jogo. Assim seria interessante possibilitar uma maior customização do jogo, por exemplo, mudar o tema dos níveis, alterando os cenários de fundo, os objetos e som conforme o tema;
- Implementar comandos de voz para completar atividades. Por exemplo, mudar o tema do jogo por palavras-chave ou interagir com os menus dizendo as palavras escritas nos botões, não necessitando do uso do rato;
- Possibilidade de um ou dois jogadores para dar maior motivação aos pacientes.

Plataforma de fisioterapia:

- Desenvolver um algoritmo capaz de avaliar a performance dos movimentos executados pelo paciente, quando comparados com um exercício gravado pelo fisioterapeuta;
- Poder aumentar ou diminuir o grau de precisão dessa avaliação para assim adaptar às diferentes dificuldades de cada doente;
- Capacidade de detetar objetos para assim fazer uma distinção entre corpo do utilizador e objeto e permitir a execução de exercícios com recurso a objetos. Isto seria extremamente útil no caso de uma cadeira;
- Novos cenários e avatares para escolher, de modo a não tornar o jogo monótono;

Referências

- [1] Doença de Parkinson, “O que é?”. Disponível em <http://www.parkinson.pt/?lop=conteudo&op=7a614fd06c325499f1680b9896beedeb&id=c3992e9a68c5ae12bd18488bc579b30d>. acessado a última vez em 5 de Maio de 2012.
- [2] Uma mudança de paradigma na fisioterapia especializada para a doença de Parkinson. Disponível em <http://www.cienciahoje.pt/index.php?oid=24696&op=all>, acessado a última vez em 5 de Maio de 2012.
- [3] Wikipedia, Doença de Parkinson (2012) - versão portuguesa. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Doen%C3%A7a_de_Parkinson#cite_note-0, acessado a última vez em 24 de Novembro de 2012.
- [4] Manual Merck, Biblioteca Médica Online. Doença de Parkinson. Disponível em: <http://www.manualmerck.net/?id=93&cn=878>, acessado a última vez em 24 de Novembro de 2012.
- [5] Catalán, J., Rodríguez, A., Asociación Parkinson Madrid. El Párkinson: Definición. Disponível em: <http://www.parkinsonmadrid.org/el-parkinson/el-parkinson-definicion/>, acessado a última vez em 24 de Novembro de 2012.
- [6] Associação Portuguesa de Doentes de Parkinson, Doença de Parkinson. Disponível em: <http://www.parkinson.pt/?lop=conteudo&op=7a614fd06c325499f1680b9896beedeb&id=c3992e9a68c5ae12bd18488bc579b30d>, acessado a última vez em 24 de Novembro de 2012.
- [7] Associação Portuguesa de Doentes de Parkinson, Os Diferentes Sintomas. Disponível em: <http://www.parkinson.pt/?lop=conteudo&op=4c56ff4ce4aaf9573aa5dff913df997a&id=19ca14e7ea6328a42e0eb13d585e4c22>, acessado a última vez em 24 de Novembro de 2012.
- [8] Wikipedia, Doença de Parkinson (2012) - versão inglesa. Disponível em: http://en.wikipedia.org/wiki/Parkinson%27s_disease, acessado a última vez em 24 de Novembro de 2012.
- [9] EPDA, European Parkinson’s Disease Association. Parkinson’s Disease (PD). Disponível em: <http://www.epda.eu.com/en/parkinsons/in-depth/parkinsonsdisease/>, acessado a última vez em 24 de Novembro de 2012.
- [10] Domingos, J. “Fisioterapia na Doença de Parkinson”.
- [11] Medeiros, R. (2011). “O Tratamento Fisioterapêutico na Doença de Parkinson”. Trabalho realizado no Laboratório de Fisiologia do Exercício do Centro Universitário Metodista - IPA, Porto Alegre, Brasil.
- [12] Associação Portuguesa de Doentes de Parkinson, ed. lit.; Sociedade Portuguesa de Neurologia, ed. lit.; Levy, Alice, trad.; Ferreira, Joaquim, trad. (2005). Manual do Doente de Parkinson. Lisboa.

- [13] Maureen Furniss, MIT Communications Forum. Motion Capture. Disponível em: <http://web.mit.edu/comm-forum/papers/furniss.html>, acessado a última vez em 7 de Maio de 2012.
- [14] João Victor Boechat Gomide, David Lunardi Flam, Daniel Pacheco , Arnaldo de Albuquerque Araújo (2009), “Captura de Movimento e Animação de Personagens em Jogos”. Faculdade de Ciências Empresariais, Universidade FUMEC, Belo Horizonte, Brasil.
- [15] Wikipedia, Motion capture (2012). Disponível em: http://en.wikipedia.org/wiki/Motion_capture, acessado a última vez em 7 de Maio de 2012.
- [16] Dutta, A., Motion Tracking. How Does a Motion Sensor Work? (7 de Outubro 2012). Disponível em: <http://mobilemotiontracking.blogspot.pt/>, acessado a última vez em 25 de Novembro de 2012.
- [17] Exergames: Jogos eletrônicos e exercícios?, Cérebro em Notícias, Ciência e Cognição. Disponível em: http://www.cienciasecognicao.org/portal/wp-content/uploads/2011/09/2011_noticias_07_exergame.pdf, acessado a última vez em 06-12-2012.
- [18] Exergaming, Wikipedia (Versão inglesa). Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Exergaming>, acessado a última vez em 06-12-2012
- [19] Dance Dance Revolution, Wikipedia (Versão inglesa). Disponível em: http://en.wikipedia.org/wiki/Dance_Dance_Revolution, acessado a última vez em 06-12-2012.
- [20] Dr. Cay Anderson-Hanley, Union College - Exercise and Cognitive Health, WAMC Northeast Public Radio. Disponível em: <http://wamc.org/post/dr-cay-anderson-hanley-union-college-exercise-and-cognitive-health>, acessado a última vez em 06-12-2012.
- [21] USC - Institute for Creative Technologies, Microsoft Kinect/Primesense Sensing Systems for Virtual Rehabilitation. Disponível em: <http://ict.usc.edu/events/belinda-lange-skip-rizzo-tamar-weiss-microsoft-kinectprimesense-sensing-systems-for-virtual-rehabilitation/>
- [22] Accenture, Accenture and Avanade Solutions Showcase at Microsoft. Disponível em: <http://www.showcase.avanade.com/TopicDetail.aspx?TopicID=6ecbc380-18e0-47d8-87a8-3f3c6631a446>
- [23] VirtualRehab, Patient Rehabilitation Using Kinect Technology. Disponível em: <http://virtualrehab.info/en/product/>
- [24] Miles, R. (2012). Using Kinect for Windows with XNA, Edition 1.1
- [25] Pires, B. (2012). Kinect Hack, Programar. 33: 6-7.
- [26] Wikipedia, Kinect for Windows. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Kinect>, acessado a última vez em 09 de Janeiro de 2013.
- [27] MSDN, Kinect for Windows Architecture. Disponível em: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj131023.aspx>, acessado a última vez em 09 de Janeiro de 2013.
- [28] Dan Fernandez. Kinect for Windows, Quickstart series, Skeleton Data, página 4, 2012.
- [29] MSDN, Microsoft Developer Network, .NET Framework 4. Disponível em: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/w0x726c2.aspx>, acessado a última vez em 26 de Junho de 2012.
- [30] MSDN, Microsoft Developer Network, .NET Framework Conceptual Overview. Disponível em: <http://msdn.microsoft.com/pt-br/library/zw4w595w>, acessado a última vez em 26 de Junho de 2012.

[31]Wikipedia, Microsoft .NET. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Microsoft_.NET,
acedido a última vez em 26 de Junho de 2012.

[32]MSDN, Microsoft Developer Network, Introduction to the C# Language and the .NET
Framework. Disponível em: <http://msdn.microsoft.com/library/z1zx9t92> ,
acedido a última vez em 12 de Junho de 2012.

Anexo A

SkeletonFrame

O método `SkeletonFrameReadyEventArgs` é chamado quando um esqueleto é detectado pelo sensor Kinect, enviando um `SkeletonFrame` como parâmetro contendo informação sobre os esqueleto (`SkeletonData`). O `SkeletonData` é uma coleção de articulações (joints), cada um com um ID (nome do joint), vetor posição que indica a distância e altura do joint ao Kinect e um `TrackingState` que identifica três estados: `Tracked` - mapeamento normal; `Inferred` - quando o Kinect não detecta um joint por ter outro joint à frente. Neste caso o Kinect tem um algoritmo que identifica a posição do joint tapado baseado na posição dos restantes joints; `Not Tracked` - Não mapeado por possíveis erros.

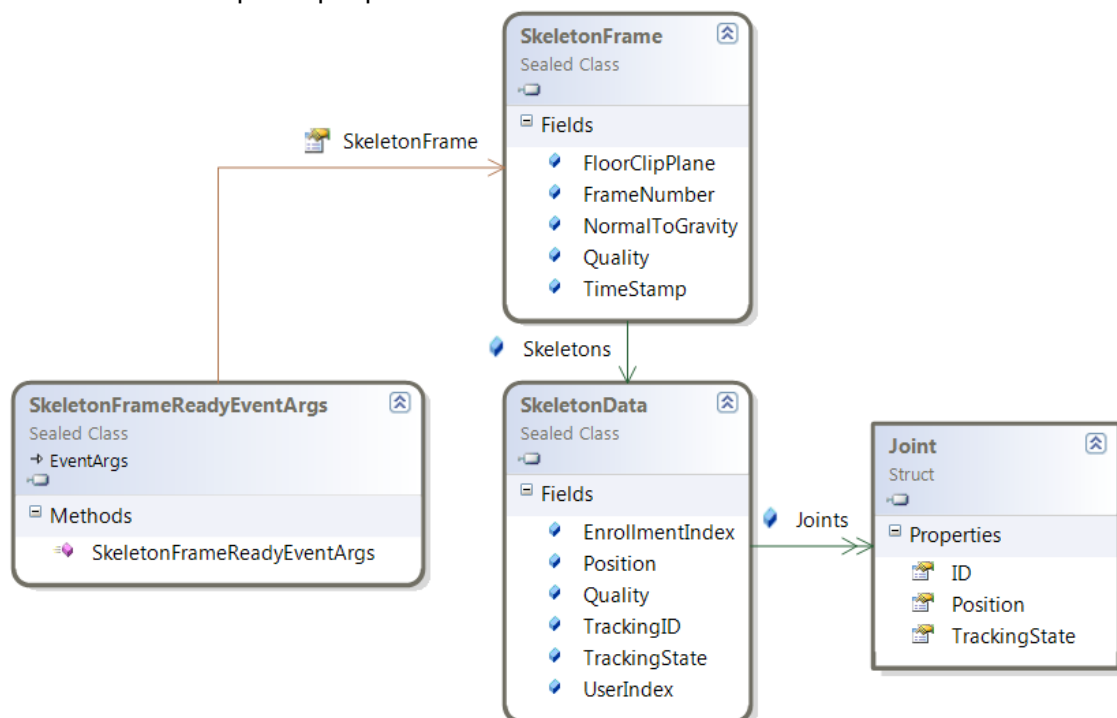


Figura 35 - Arquitetura das classes do SkeletonFrame

ImageFrame e DepthFrame

Contêm campos com informação relativa a cor ou a profundidade da imagem recebida pelo sensor Kinect. Ambos recebem um buffer de bytes por frame. No caso do `ImageFrame`

recebe campos com informação sobre imagem a cores e no caso do DepthFrame os campos são relativos às distâncias entre pixels (em milímetros) para calcular a profundidade.

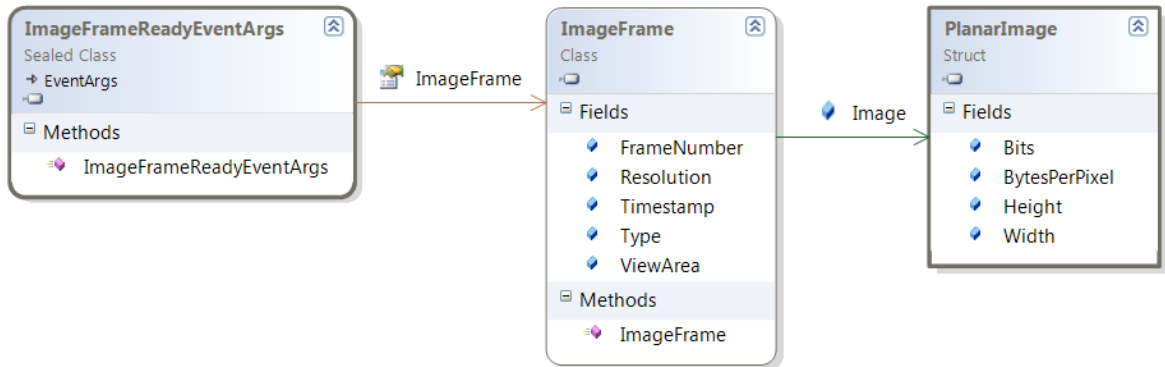


Figura 36 - Arquitetura das classes do ImageFrame

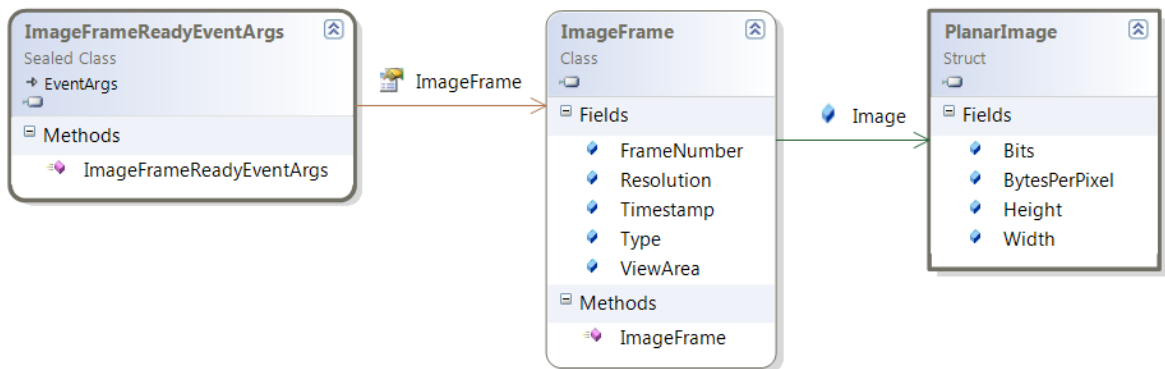


Figura 37 - Arquitetura das classes do DepthFrame

Anexo B

SaveGame.xml

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<ArrayOfFieldData
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <FieldData>
    <Id>Name</Id>
    <Value>Filipe Vieira</Value>
  </FieldData>
  <FieldData>
    <Id>Language</Id>
    <Value>EN</Value>
  </FieldData>
  <FieldData>
    <Id>Game</Id>
    <Value>Jogo1</Value>
  </FieldData>
  <FieldData>
    <Id>Level</Id>
    <Value>2</Value>
  </FieldData>
  <FieldData>
    <Id>Score</Id>
    <Value>10</Value>
  </FieldData>
  <FieldData>
    <Id>Difficulty</Id>
    <Value>1</Value>
  </FieldData>
  <FieldData>
    <Id>SeatedMode</Id>
    <Value>False</Value>
  </FieldData>
</ArrayOfFieldData>
```

Anexo C

Save.xml

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<ArrayOfFieldData
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <FieldData>
    <Id>Filename</Id>
    <Value>MaoDireita</Value>
  </FieldData>
  <FieldData>
    <Id>Players</Id>
    <Value>one</Value>
  </FieldData>
  <FieldData>
    <Id>TimetoPlay</Id>
    <Value>15</Value>
  </FieldData>
</ArrayOfFieldData>
```

Anexo D

Arquitetura da plataforma de fisioterapia para doentes de Parkinson

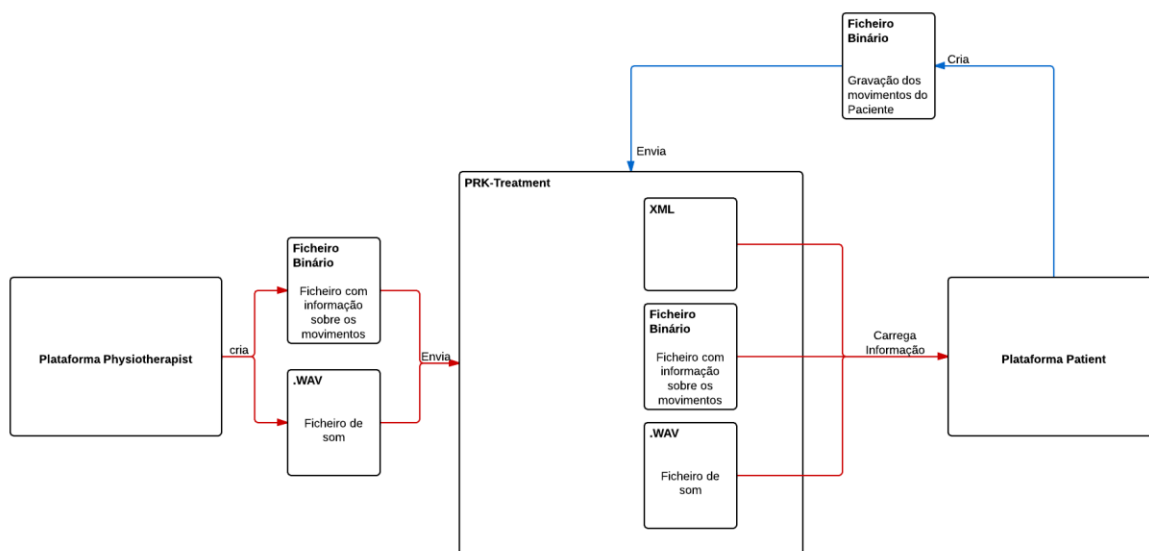


Figura 38 - Arquitetura global da plataforma de fisioterapia

Anexo E

Conjunto de exercícios propostos pelos fisioterapeutas

Descrição do exercício	Ilustração do exercício	Resultados
Posição de pé: extensão da anca, mantendo o joelho estendido e o pé no ar. Alternativamente usar uma cadeira.		Possível de fazer sem cadeira. Alguma interferência quando usada a cadeira.
Posição sentado: flexão dos braços 180°. Alternativamente, fazer o mesmo exercício de pé.		É possível de fazer, no entanto, quando sentado, há interferência com a cadeira. No entanto como se pretende exercitar a parte superior do corpo, não há problema, visto que as pernas se mantêm em baixo.
Posição de pé: abdução da anca mantendo o joelho dobrado. Alternativamente pode ser efetuado sem cadeira, mas requer maior equilíbrio.		Funciona bem sem cadeira. Com cadeira pode haver interferência com a perna junto a esta.
Posição sentado: extensão do joelho.		Alguma interferência com a cadeira. Com uma cadeira simples de metal foi possível efetuar o exercício.

<p>Posição sentado ou de pé: rotação da cabeça.</p>		<p>Rotações com a cabeça não são possíveis de efetuar com o Kinect. Ver figura 27.</p>
<p>Sentar e levantar. Várias repetições.</p>		<p>Ouve interferências na detecção correta do corpo do utilizador devido à cadeira.</p>
<p>Flexão das ancas e joelhos contra a parede.</p>		<p>Não funcionou muito bem.</p>
<p>Posição de pé: dar um passo à frente e fletir joelho. Voltar à posição anterior.</p>		<p>Não funcionou muito bem.</p>
<p>Deslocação na horizontal.</p>		<p>Foi possível, mas deve-se ter atenção para não sair do campo de visão do Kinect.</p>

Tabela 7 - Conjunto de exercícios propostos pelos fisioterapeutas

Anexo F

Sugestões e críticas recolhidas no evento Portugal Maior

“Simplificar plataforma do lado do paciente. Por exemplo, menos botões”, sobre a plataforma de fisioterapia de dP

“Adicionar mais itens ou frutas ao jogo”, sobre o jogo fisioterapêutico para dP

“Considera importante uma aplicação vocacionada para seniores e o incentivo para a continuação ao desenvolvimento de aplicações para este público”, ambas as plataformas

“Muito importante o feedback que o utilizador recebe quando faz o exercício de modo a fazer a avaliação da sua resposta”, sobre a plataforma de fisioterapia de dP

“Aplicar não só ao tratamento da Doença de Parkinson. A atividade ‘soft’ e alguma atividade cognitiva são validas para todos os seniores que tenham interesse nestas atividades”, ambas as plataformas

“Muito interessante e motivador”, sobre o jogo fisioterapêutico para dP