

Mestrado em Engenharia Informática
Estágio
Relatório Final

Desenvolvimento de jogo para a plataforma PhysioSensing

André Marques Dinis
amdinis@student.dei.uc.pt

Orientador do DEI:
Professor Doutor
Pedro Furtado

Orientador da empresa:
Pedro de Jesus Mendes

Co-orientador da empresa:
Luís Ferreira

Data: 1 de julho de 2016



FCTUC DEPARTAMENTO
DE ENGENHARIA INFORMÁTICA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Mestrado em Engenharia Informática
Estágio
Relatório Final

Desenvolvimento de jogo para a plataforma PhysioSensing

André Marques Dinis
amdinis@student.dei.uc.pt

Orientador do DEI:
Professor Doutor Pedro Furtado

Júri:
Professor Doutor Rui Pedro Paiva
Professor Doutor Pedro Abreu

Data: 1 de julho de 2016



FCTUC DEPARTAMENTO
DE ENGENHARIA INFORMÁTICA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Resumo

As sessões de terapia e reabilitação física têm apresentado uma reduzida utilização de tecnologia e quem as frequenta não tem, muitas vezes, a motivação necessária para participar ativamente no seu processo de reabilitação devido à sua natureza monótona na realização de exercícios de forma repetida. Tendo isto em conta, têm surgido no mercado vários produtos que pretendem ajudar a resolver esta lacuna através da introdução de soluções tecnológicas. No entanto, ainda muito pode ser desenvolvido nesta área e cada vez mais são exigidas inovações no seio da comunidade de terapia e reabilitação física como forma de melhorar a qualidade dos serviços de saúde prestados.

Assim, o objetivo do presente estágio passa pelo desenvolvimento de um videojogo terapêutico com a finalidade de promover uma reabilitação mais ativa e motivadora para o utente, tornando o seu processo de recuperação e as sessões de terapia e reabilitação física mais envolventes e pró-ativas, reduzindo dessa forma a sua monotonia. O jogo possibilitará treinar diversas situações terapêuticas através da utilização de uma plataforma de forças e do Kinect.

Além do processo de desenvolvimento foram ainda efetuados processos de validação, através da realização de testes com potenciais utilizadores para recolha de feedback. Os resultados obtidos permitiram confirmar a utilidade do jogo e são indicadores de que os objetivos para o qual este foi desenvolvido foram cumpridos.

Palavras-Chave

Equilíbrio, Transferência de carga, Dispositivo médico, Plataforma de forças, Kinect, Terapia, Reabilitação física, Biofeedback visual, Jogos terapêuticos

Agradecimentos

A realização deste trabalho não seria possível sem o contributo e o apoio de várias pessoas às quais pretendo dar uma palavra de agradecimento.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer aos meus orientadores. Ao Professor Doutor Pedro Furtado pelo rigor da sua orientação, pela sua dedicação, e pelo apoio e disponibilidade que sempre demonstrou ao longo do estágio.

Ao Professor Doutor Carlos Alcobia, ao Pedro Mendes e ao Luís Ferreira, a oportunidade de realizar este trabalho e por me terem acolhido na Sensing Future. Agradeço também o constante apoio e motivação que me deram, a definição das linhas orientadoras do meu trabalho e a disponibilidade que sempre demonstraram para me ouvir e ajudar.

Da mesma forma, gostaria de agradecer a toda a equipa da Sensing Future, à qual não poderia deixar de incluir o André Dias e a Cláudia Tonelo, por toda a paciência, apoio e disponibilidade que sempre demonstraram ao longo do estágio. Tenho a plena convicção que a presença desta equipa no meu dia-a-dia tornou todos estes meses de trabalho mais ricos e animados.

A toda a minha família por todo o apoio que sempre me deram. Aos meus pais por todos os princípios transmitidos, pela confiança e pela compreensão que sempre tiveram comigo, mesmo nos momentos mais difíceis e de maior isolamento. Agradeço a oportunidade que me deram e as condições que me proporcionaram. Tudo o que alcancei, a eles devo.

Aos meus amigos e colegas de curso, principalmente aos que me acompanharam durante todo o percurso académico e durante o último ano, por me terem ajudado a ultrapassar esta etapa e a alcançar os objetivos pretendidos.

Por fim, um agradecimento especial à minha namorada, Rita Ramos, pela paciência, disponibilidade e compreensão que sempre teve comigo, por se mostrar sempre disponível para me ajudar a ultrapassar esta etapa e por me dar força quando esta parecia faltar.

Índice

Capítulo 1	Introdução	1
1.1.	Contexto e Motivação	1
1.2.	A empresa Sensing Future	3
1.3.	Objetivos	3
1.4.	Estrutura do documento.....	3
Capítulo 2	Planeamento.....	5
2.1.	Equipa do projeto	5
2.2.	Metodologia de desenvolvimento.....	5
2.3.	Planeamento do 1º semestre	6
	Descrição das atividades do 1º semestre	6
2.4.	Planeamento do 2º semestre	9
	Descrição das atividades do 2º semestre	9
2.5.	Desvios ao planeamento do 2º semestre.....	11
	Descrição das atividades realizadas no 2º semestre.....	11
Capítulo 3	Estado da Arte	15
3.1.	<i>Hardware</i> utilizado.....	15
	Plataforma de forças	15
	Assentos	16
	Sensores para o corpo.....	16
	Dispositivos específicos para membros superiores e dispositivos específicos para membros inferiores	17
	Wii Balance Board	18
	Kinect	18
3.2.	<i>Software</i> utilizado	19
	Testes/Análises	20
	Exercícios.....	20
	Jogos	21
3.3.	A plataforma <i>PhysioSensing</i>	21
	Motivação.....	21
	Composição	21
	Modo de funcionamento.....	22
	Benefícios e aplicações	22

O <i>software</i>	23
3.4. Jogos para reabilitação.....	24
3.5. Análise de produtos concorrentes.....	24
Capítulo 4 Seleção do tipo de jogo a desenvolver e da tecnologia a utilizar.....	27
4.1. Categorização dos jogos.....	27
4.2. Seleção de categorias.....	28
4.3. Criação de cenários de jogo.....	29
4.4. Seleção de um cenário de jogo	30
4.5. Seleção do motor de jogo	30
Unity 5	31
UDK	32
Critérios de comparação.....	33
Comparação.....	33
Escolha e justificação.....	34
Capítulo 5 Protótipo inicial	37
5.1. Descrição	37
5.2. Implementação	38
5.3. Teste	39
5.4. Comandos, situações terapêuticas e situações de jogo.....	40
Comparação com produtos concorrentes.....	44
5.5. Requisitos do jogo.....	46
Situações terapêuticas	46
Parâmetros de personalização	47
Relatório clínico	47
Capítulo 6 Balance Rehabilitation Therapy (BART)	49
6.1. Modos de jogo.....	50
6.2. Situações terapêuticas	50
Manutenção do equilíbrio à esquerda	51
Manutenção do equilíbrio no centro.....	51
Manutenção do equilíbrio à direita	51
Alternância do CP entre esquerda e direita.....	52
Manutenção do equilíbrio posterior.....	52
Agachamentos.....	52
Posição unipedal esquerda	53

Posição unipedal direita.....	53
6.3. Menus/Ecrãs de jogo.....	53
Ecrã inicial.....	53
Menu de personalização.....	54
Ecrã de jogo.....	56
Menu de pausa.....	56
Menu de fim de jogo.....	57
6.4. Relatório clínico.....	57
Estrutura.....	58
Capítulo 7 Implementação e arquitetura.....	61
7.1. Interações entre utilizadores, dispositivos de input e aplicações.....	61
7.2. Passagem de dados entre aplicações.....	63
7.3. Arquitetura e conceitos do Unity.....	64
7.3.1. A arquitetura entidade-componente.....	65
7.3.2. Conceitos básicos.....	65
Interface.....	68
7.4. Conceitos do Kinect.....	69
Body Tracking.....	70
7.5. Implementação do jogo.....	70
7.5.1. Menus de jogo.....	71
O componente <i>RectTransform</i>	71
A hierarquia.....	71
Menu de personalização.....	72
7.5.2. Game Manager.....	74
7.5.3. Personagem de jogo.....	76
7.5.4. Infinite Objects.....	78
7.5.5. Interação com o Kinect.....	82
Integração do Kinect com o <i>Unity</i>	82
Deteção do agachamento.....	83
7.5.6. Relatório Clínico.....	83
Capítulo 8 Testes.....	85
8.1. Testes de aceitação.....	85
8.2. Primeiro <i>focus group</i>	86
8.3. Segundo <i>focus group</i>	86

8.4.	Terceiro <i>focus group</i>	86
8.5.	Evento “Coimbra a Brincar”.....	87
8.6.	Validação clínica.....	87
8.7.	Resultados e análise.....	87
Capítulo 9 Conclusões		91
Capítulo 10 Trabalho futuro		95
Referências.....		97
Apêndice A	Tabela com as 10 referências de produtos concorrentes mais relevantes....	101
Apêndice B	Tabela com outras referências relevantes.....	109
Apêndice C	Descrição detalhada de cada categoria de jogo	111
Apêndice D	Descrição detalhada de cada cenário de jogo	121
Apêndice E	Notas da reunião do teste ao 1º protótipo.....	125
Apêndice F	User Stories.....	129
D.1	Definição dos utilizadores.....	129
D.2	Divisão em grupos.....	129
D.3	Priorização.....	129
D.4	Estrutura das User Stories.....	129
D.5	Definição das User Stories	130
Apêndice G	Exemplo de relatório clínico.....	141
Apêndice H	Resultado dos testes de aceitação.....	145
Apêndice I	Notas do primeiro <i>focus group</i>	151
Apêndice J	Notas do segundo <i>focus group</i>	155
Apêndice K	Notas do terceiro <i>focus group</i>	157
Apêndice L	Notas do evento “Coimbra a Brincar”	159
Apêndice M	Notas da defesa intermédia.....	163

Lista de Figuras

Figura 2.1 - Planeamento do 1º semestre.....	8
Figura 2.2 - Planeamento do 2º semestre.....	10
Figura 2.3 – Diagrama de Gantt das atividades realizadas no 2º semestre.....	13
Figura 3.1 - Plataforma de forças da Bertec.....	16
Figura 3.2 - Sensbalance Therapy Chair (à esquerda) e Sensbalance Therapy Cushion (à direita), ambas da Sensamove	16
Figura 3.3 - Sensores para a coluna do produto ValedoMotion da Hocoma (à esquerda) e sensores para os membros inferiores do produto Riablo da CoRehab (à direita).....	17
Figura 3.4 - Dispositivo Armotion da Reha Technology.....	17
Figura 3.5 - Dispositivo LegTutor da MediTouch.....	17
Figura 3.6 - Wii Balance Board da Nintendo.....	18
Figura 3.7 - Kinect da Microsoft	19
Figura 3.8 - Plataforma PhysioSensing	21
Figura 3.9 - Exemplo da avaliação do equilíbrio global	23
Figura 3.10 - Exemplo do resultado do exercício para avaliação dos limites de estabilidade.....	23
Figura 3.11 - Exemplo de um percurso dos exercícios de equilíbrio	23
Figura 3.12 - Exemplo do exercício da transferência de carga no plano sagital.....	23
Figura 3.13 - Exemplo do exercício para a análise dinâmica do movimento na passagem da posição de sentado para a posição de pé.....	23
Figura 4.1 - Jogo da categoria "Labirintos"	28
Figura 4.2 - Jogo da categoria "Equilíbrio"	28
Figura 4.3 - Jogo da categoria "Pong".....	28
Figura 4.4 - Jogo da categoria "Frente/Simulação"	28
Figura 4.5 - Esquema conceptual do processo de seleção do jogo a desenvolver.....	28
Figura 5.1 - Captura de ecrã do 1º protótipo de jogo.....	39
Figura 5.2 - Processo de definição do jogo.....	41
Figura 6.1 - Situação de jogo da manutenção do equilíbrio à esquerda (moedas).....	51
Figura 6.2 - Situação de jogo da manutenção do equilíbrio à esquerda (ponte)	51
Figura 6.3 - Situação de jogo da manutenção do equilíbrio no centro (moedas)	51
Figura 6.4 - Situação de jogo da manutenção do equilíbrio no centro (ponte)	51

Figura 6.5 - Situação de jogo da manutenção do equilíbrio à direita (moedas)	52
Figura 6.6 - Situação de jogo da manutenção do equilíbrio à direita (ponte).....	52
Figura 6.7 - Situação de jogo da alternância do CP entre esquerda e direita.....	52
Figura 6.8 - Situação de jogo da manutenção do equilíbrio posterior	52
Figura 6.9 - Situação de jogo do agachamento	52
Figura 6.10 - Situação de jogo da posição unipedal esquerda	53
Figura 6.11 - Situação de jogo da posição unipedal direita	53
Figura 6.12 - Ecrã inicial do jogo.....	53
Figura 6.13 - Ecrã do menu de personalização	54
Figura 6.14 - Exemplo de personalização das situações terapêuticas	55
Figura 6.15 - Ecrã de jogo	56
Figura 6.16 - Menu de pausa	56
Figura 6.17 - Menu de fim de jogo.....	57
Figura 6.18 - Diagrama de atividades para a atividade "Gerar relatório clínico"	57
Figura 7.1 - Interação entre utilizadores e dispositivos de input	61
Figura 7.2 - Interação entre dispositivos de input.....	62
Figura 7.3 - Interação entre os utilizadores e as aplicações	63
Figura 7.4 - Processo de passagem de dados da plataforma de forças para o BART.....	64
Figura 7.5 – Exemplo do ficheiro XML.....	64
Figura 7.6 - Constituição de um jogo no Unity.....	68
Figura 7.7 - Interface disponibilizada pelo Unity.....	68
Figura 7.8 - Sistema de coordenadas 3D usado pelo Kinect (“Coordinate mapping”, n.d.)..	69
Figura 7.9 - Articulações detetadas pelo Kinect (“JointType Enumeration”, n.d.).....	70
Figura 7.10 - Parte da hierarquia da GUI desenvolvida	72
Figura 7.11 - Parte da hierarquia do menu de personalização.....	74
Figura 7.12 - Modelo 3D da personagem de jogo	76
Figura 7.13 - Mapeamento da estrutura óssea no avatar.....	76
Figura 7.14 - Game object "Personagem de jogo"	77
Figura 7.15 - Processo decorrido para a configuração do Animator	78
Figura 7.16 - Máquina de estados usada para controlar a animação da personagem de jogo.	78
Figura 7.17 - Situação de jogo "Manutenção do equilíbrio posterior"	81

Figura 7.18 - Imagem recolhida pela câmara de cor (esquerda) e esqueleto construído com base na deteção das articulações (direita)	83
Figura C.1 - Jogo do produto Humac Balance da CSMI	111
Figura C.2- Jogo do produto Physiofun Balance Training da Kaasa Health	112
Figura C.3 - Jogo do produto ValedoMotion da Hocoma	112
Figura C.4 - Jogo do produto Gamma Dynamographic Platform da AC International East	113
Figura C.5 – Jogo do produto Physioplay da Medicapteurs.....	114
Figura C.6 - Jogo do produto RM. Feedback Platform da RM Ingénierie.....	114
Figura C.7 - Jogo do produto Jintronix Rehabilitation System da Jintronix	115
Figura C.8 - Jogo do produto Armeo da Hocoma.....	115
Figura C.9 - Jogo do produto Jintronix Reahabilitation System da Jintronix	116
Figura C.10 - Jogo do produto Physioplay da Medicapteurs.....	117
Figura C.11 - Jogo do produto Tymo da Tyromotion	117
Figura C.12 - Jogo do produto Riablo da CoRehab	118
Figura C.13 - Jogo “TOAP Run” do produto Curapy da Genius Serious Games	119
Figura C.14 - Jogo do produto BioVal da RM Ingénierie.....	119
Figura C.15 - Jogo "Perfect 10" da Wii Fit Plus.....	120

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 - Constituição da equipa do projeto.....	5
Tabela 3.1 - Comparação de produtos concorrentes.....	26
Tabela 4.1 - Comparação entre os motores de jogo Unity 5 e UDK.....	34
Tabela 5.1 - Situações de jogo.....	42
Tabela 5.2 – Comparação de situações terapêuticas oferecidas pelos jogos terapêuticos.....	45
Tabela 6.1 - Comparação entre o protótipo e o BART	49
Tabela 7.1 - Alguns dos métodos disponibilizados pelo MonoBehaviour.....	66
Tabela 7.2 - Classes contidas no game object “Game Manager”	74
Tabela 8.1 - Resumo dos comentários e sugestões recebidas durante os testes realizados	88
Tabela A.1 - 10 referências de produtos concorrentes mais relevantes.....	101

Lista de Acrónimos

3D	Três Dimensões
ADL	<i>Activities of Daily Living</i>
AVC	Acidente Vascular Cerebral
BART	<i>Balance Rehabilitation Therapy</i>
CP	Centro de Pressão
DEI	Departamento de Engenharia Informática
ECS	Entidade-Componente-Sistema
FPS	<i>First-Person Shooter</i>
GUI	<i>Graphical User Interface</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
LE	Limite da Estabilidade
QA	<i>Quality Assurance</i>
RGB	<i>Red Green Blue</i>
SDK	<i>Software Development Kit</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
TPS	<i>Third-Person Shooter</i>
UDK	<i>Unreal Development Kit</i>
UE	<i>Unreal Engine</i>
UI	<i>User Interface</i>
WPF	<i>Windows Presentation Foundation</i>
WYSIWYG	<i>What You See Is What You Get</i>

Capítulo 1

Introdução

Este capítulo introdutório tem como objetivo explicar o contexto e a motivação do presente estágio, apresentar a empresa na qual o estagiário esteve inserido, definir os objetivos finais do estágio e descrever sumariamente a estrutura do documento.

1.1. Contexto e Motivação

O equilíbrio postural é essencial para que o ser humano consiga manter a posição de pé. A diminuição do equilíbrio advém de diversas situações, como por exemplo, na sequência de um AVC ou de outra patologia do foro neurológico, alguma lesão num membro inferior, ou ainda o próprio declínio funcional decorrente do envelhecimento.

As doenças cardiovasculares continuam a ser a maior causa de morte a nível nacional, europeu e mundial. A nível mundial, estima-se que 29.6% das mortes ocorridas em 2010 tenham sido provocadas por doenças cardiovasculares (World Health Organization, 2014). A nível europeu causam mais de 4 milhões de mortes por ano, representando quase metade (47%) das causas de morte. Dentro destas causas está incluído o acidente vascular cerebral, que é a segunda causa mais comum de morte na Europa, provocando cerca de 1.1 milhões de óbitos por ano (Nichols et al., 2012). A nível nacional, e segundo os dados revelados pelo Instituto Nacional de Estatística (2015), estas doenças foram as mais letais, estando na origem de 29.5% dos óbitos ocorridos no país em 2013. Entre elas destacam-se os óbitos causados por acidentes vasculares cerebrais, que foram a principal causa de morte, estando na origem de 11.5% do total de mortes no país (12273 óbitos).

Quando uma pessoa sofre um AVC, as consequências que daí advêm podem ser devastadoras, deixando-a afetada com sérios danos motores, visuais e cognitivos, danos esses que podem ser temporários ou permanentes. A nível cognitivo o indivíduo pode, por exemplo, perder a memória e a fala, o que pode afetar substancialmente a sua interação com o mundo (Alankus et al., 2010). A nível motor, uma das consequências que pode surgir é a perda de sensibilidade numa das partes do corpo. Como tal, uma vítima deste tipo de ataque que perca a sensibilidade numa das partes do corpo fica muito debilitada: tem dificuldades em andar, em se levantar, em efetuar tarefas comuns do dia-a-dia como tomar banho, vestir-se e comer, etc. Todos estes problemas podem dificultar as tarefas de viver independentemente ou de voltar ao trabalho. É portanto necessário que tenha de recorrer a sessões de terapia e reabilitação física para recuperar parte ou a totalidade das suas capacidades motoras e cognitivas. Por vezes, vários meses de reabilitação podem ajudar as pessoas a recuperarem funções básicas, mas muitas delas nunca recuperam as suas capacidades na totalidade (Imas, 2013).

Outra situação com consequências a curto e longo prazo e que tem a ver com o equilíbrio corporal é a queda de, principalmente, idosos. Com o aumento da idade as pessoas vão perdendo capacidades motoras e cognitivas gradualmente, perdendo muitas vezes o equilíbrio. Além disso, quando as pessoas chegam a uma idade mais avançada, normalmente param por completo as suas atividades e deixam de fazer as tarefas que habitualmente faziam, o que também contribui para a diminuição das suas capacidades. Deste modo, é

normal que em situações aparentemente normais, como por exemplo andar, o idoso possa tropeçar com muita facilidade, o que pode provocar consequências graves. Todas estas alterações ocorridas nos idosos fazem aumentar o risco de queda que deve ser prevenido com exercício, onde podem entrar as sessões de terapia e reabilitação física. Além disso, o simples facto de não se conseguir manter o equilíbrio causa grandes limitações nas atividades sociais e na vida diária de um idoso, uma vez que gera insegurança física e mental e isolamento social (Doná et al., 2014).

Importa ainda referir outra situação: quando uma pessoa contrai uma lesão como, por exemplo, uma entorse no pé, o instinto imediato é obviamente proteger o membro afetado de qualquer esforço e carga. Assim, a reação normal é que a pessoa não consiga utilizar o membro afetado pela lesão. Para recuperar da lesão é também necessário recorrer a sessões de terapia e reabilitação física para se proceder à reabilitação do membro afetado.

No que toca a reabilitação, o objetivo é ajudar as pessoas afetadas a tornarem-se o mais independentes possível e a alcançar a melhor qualidade de vida possível, revertendo e dando funcionalidade às deficiências causadas por determinada situação, dentro do possível. Para mais de metade dos utentes, a reabilitação é um processo a longo prazo que requer trabalho supervisionado por terapeutas, suportados por equipamento especializado, durando vários meses (Gabielli et al., 2014). Tomando o exemplo de um problema num dos membros inferiores, ao encorajar o uso desse membro através de exercício, o utente pode ir reaprendendo a capacidade para usá-lo. O objetivo final é que o indivíduo consiga usar esse membro da mesma forma que usa o outro. Isto é um processo exigente que pode requerer centenas de movimentos repetidos todos os dias, para que sejam feitos progressos rumo à recuperação. Os estudos mostram que aumentar a quantidade de vezes que se fazem esses exercícios, traduz-se numa melhor recuperação (Alankus et al., 2010).

O problema que se coloca é então o de que apesar da terapia e reabilitação física poder ser eficaz, esta requer que a pessoa envolvida no processo de recuperação tenha motivação e que, não só nas sessões em clínica como também em casa, faça os exercícios prescritos pelo terapeuta, facto este que, na maior parte das vezes, não acontece. A explicação para isso pode estar no facto de a nova condição física/mental em que o utente se vê seja dramática para ele próprio, o que o pode levar a achar aborrecido ter de fazer dezenas ou centenas de vezes o mesmo movimento, além de não ver ou sensibilizar resultados práticos ou não se sentir suficientemente motivado. A natureza aborrecida da reabilitação, aliada à falta de orientação ou de feedback leva à baixa adesão dos utentes (Startup Compete, 2013). Na verdade, “ninguém gosta de terapia, mas se a conseguirmos fazer de tal forma que as pessoas não pensem que é incómoda, vão ficar melhor mais depressa” (“Playing your way back”, 2015).

Uma das formas de tentar contornar o “problema” das sessões de terapia e reabilitação física atuais passa por diminuir a monotonia de centenas de movimentos repetidos e fornecer feedback acerca do desempenho da pessoa, através de exercícios e videojogos interativos, permitindo assim um treino não só pró-ativo como também reativo. Desta forma, os indivíduos em reabilitação podem continuar a fazer as centenas de movimentos repetidos, além de outros, com a vantagem de muito provavelmente nem sequer se aperceberem disso, uma vez que os estão a fazer tendo em vista o cumprimento de um objetivo. Além disso, também obtêm feedback em tempo real acerca das suas ações através de quantificações objetivas de resultados. Relativamente aos videojogos, os movimentos da pessoa requerem precisão e equilíbrio e também o uso de funções cognitivas, uma vez que estes jogos requerem muitas vezes o planeamento de ações a executar. Se as pessoas se sentirem motivadas e gostarem dos exercícios ou videojogos que lhes apresentam, é mais provável

que continuem a aderir ao tratamento (Imas, 2013) e estejam focadas e empenhadas no seu processo de reabilitação.

Cientes destas necessidades, existem empresas focadas em resolver este problema através do desenvolvimento de dispositivos médicos focados no biofeedback visual e em videojogos para terapia e reabilitação física, entre as quais se enquadra a Sensing Future.

1.2. A empresa Sensing Future¹

A Sensing Future foi constituída em Dezembro de 2011, estando sediada na incubadora de empresas do Instituto Pedro Nunes desde 2012. É uma startup que está vocacionada para conceber, desenvolver e implementar dispositivos médicos tecnológicos para terapia e reabilitação física, numa sinergia única entre Engenharia e Saúde. Para tal, dispõe de uma equipa multidisciplinar, com experiência e conhecimentos nas áreas da engenharia mecânica, biomecânica, eletrónica e informática, com uma sólida experiência em instrumentação, controlo de sistemas e robótica. Estas competências, aliadas a importantes sinergias desenvolvidas na área da saúde, permitem à Sensing Future definir especificações técnicas e desenvolver novos dispositivos médicos.

A empresa detém atualmente 2 produtos comerciais em constante desenvolvimento: o *smartherapy* e o *PhysioSensing*. O *smartherapy* é uma aplicação informática para registo clínico e que tem como base a Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde da Organização Mundial de Saúde (OMS). O *PhysioSensing* consiste numa plataforma de forças para treino e avaliação de equilíbrio e transferência de carga.

O presente estágio está inserido num dos produtos comerciais da empresa, o *PhysioSensing*.

1.3. Objetivos

O objetivo principal e final do presente estágio é promover a reabilitação motora e cognitiva de pessoas com mobilidade reduzida ou afetada por, principalmente, acidentes vasculares cerebrais, risco de queda ou lesões em membros inferiores. O que se pretende é criar uma forma de as motivar a fazer exercício terapêutico, tornando o processo de recuperação e as sessões de terapia e reabilitação física mais eficazes.

Para atingir o objetivo supramencionado, foi desenvolvido um videojogo direcionado para terapia e reabilitação física. O jogo é capaz de promover o exercício terapêutico, assim como disponibilizar aos terapeutas dados importantes sobre o exercício realizado.

O jogo foi desenvolvido no âmbito de um dos produtos da empresa, o *PhysioSensing*, pelo que está equacionada a integração do jogo no *software* já existente do produto.

1.4. Estrutura do documento

O documento está dividido em 10 capítulos que refletem, de alguma forma, as diferentes tarefas realizadas ao longo do estágio. De seguida é feita uma breve descrição acerca de cada um deles.

No capítulo 2 é apresentado o planeamento e descrição das tarefas relativas ao primeiro semestre, assim como o planeamento das tarefas previstas e reais do segundo semestre e os

¹ Sensing Future: <http://www.sensingfuture.pt/>

desvios que ocorreram. Além disso é apresentada a equipa do projeto e a metodologia utilizada durante o 2º semestre.

No capítulo 3 é feita uma análise ao estado da arte, onde são apresentadas e comparadas as mais diversas soluções que existem no mercado para auxiliar terapeutas e utentes no processo de terapia e reabilitação física. É também descrito com detalhe o produto no qual o estágio se insere, o *PhysioSensing*. Além disso, é feito um levantamento do estado atual dos jogos que pretendem promover o exercício e/ou a reabilitação física. Por fim, é apresentada uma comparação entre os produtos mais relevantes ao nível dos videojogos que oferecem.

O capítulo 4 tem como objetivo descrever todo o processo que decorreu para a seleção do tipo de jogo a desenvolver e para a escolha do motor de jogo utilizado para o seu desenvolvimento.

No capítulo 5 é apresentado o primeiro protótipo criado, o teste que lhe foi feito e as principais conclusões tiradas daí. Posteriormente, são apresentadas todas as situações de jogo idealizadas e é feita uma nova comparação com os produtos concorrentes, tendo como base as situações terapêuticas oferecidas por cada um. Por fim, são apresentados os requisitos do jogo.

No capítulo 6 é apresentado o jogo desenvolvido e no capítulo 7 é feita a descrição da sua arquitetura e implementação.

O capítulo 8 tem como objetivo apresentar os testes realizados, assim como o principal feedback obtido em cada um deles. Além disso, é feito um resumo dos resultados obtidos, tendo como base os testes realizados, e respetiva análise.

Finalmente, no capítulo 9 são apresentadas as conclusões extraídas de todo o trabalho realizado e no capítulo 10 é apresentado o trabalho futuro.

Capítulo 2

Planeamento

Neste capítulo é apresentado e descrito o planeamento das tarefas do presente estágio, através de diagramas de *Gantt*. O planeamento está dividido pelos dois semestres, sendo apresentado um planeamento para cada um deles. Para o segundo semestre é também apresentado o planeamento real, os desvios que ocorreram e sua justificação.

Para a realização dos diagramas foi utilizado o *software* “*GanttProject*”², uma aplicação *desktop* sem custo. Além disso é também apresentada a metodologia utilizada para o desenvolvimento do projeto e a equipa que o constitui.

2.1. Equipa do projeto

Apesar do desenvolvimento do projeto ser da responsabilidade do estagiário, existe por trás uma equipa importante para a sua execução. A composição dessa equipa e a sua ligação ao projeto é resumida na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Constituição da equipa do projeto

Nome	Ligação ao projeto
Pedro Mendes	Acompanhamento próximo e orientação do projeto
Luís Ferreira	Acompanhamento próximo e orientação do projeto
Carlos Alcobia	Acompanhamento do projeto
Cláudia Tonelo	Colaboração ocasional na resolução de problemas
André Dias	Colaboração ocasional na resolução de problemas

2.2. Metodologia de desenvolvimento

Para a fase de desenvolvimento do 2º semestre foi definida uma metodologia ágil. Foram adotados alguns princípios típicos das metodologias ágeis, conforme os enumerados no Manifesto de Desenvolvimento Ágil de *Software* (Beck et al., 2001). Dessa forma, o trabalho foi desenvolvido de uma forma incremental, com base em iterações e com novas funcionalidades como meta de cada iteração.

Desta forma, e referindo especificamente a utilização da metodologia ágil, iniciou-se com a definição de um planeamento para o 2º semestre através de um diagrama de *Gantt*, o que permitiu obter uma estimativa temporal da duração das atividades do projeto. Após esta definição, cada atividade foi dividida em tarefas e, para executar cada uma das tarefas, foram realizadas reuniões semanais para subdividir as tarefas e delinear que trabalho seria feito em

² GanttProject: <http://www.ganttproject.biz/>

cada dia da semana seguinte, bem como realizar o ponto da situação da semana anterior. O planeamento do desenvolvimento das funcionalidades de jogo foi baseado em iterações com o período de duração de, idealmente, uma semana. Isto é algo que não se aplicou às restantes tarefas, quer pela dependência de terceiros para a sua realização, quer pela realização simultânea de várias tarefas. Cada iteração representa o incremento de uma situação de jogo (ver Tabela 5.1 da secção 5.4.) ou alguma tarefa de suporte ao desenvolvimento.

2.3. Planeamento do 1º semestre

A Figura 2.1 representa o diagrama de *Gantt* relativo ao planeamento das atividades realizadas no 1º semestre.

Descrição das atividades do 1º semestre

1. **Análise ao estado da arte**

Pesquisa e análise ao estado da arte, tendo em vista o conhecimento de produtos vocacionados para reabilitação física e promotores de biofeedback visual, mais especificamente o *hardware* utilizado e o *software* oferecido por esses produtos. Além disso, foi elaborada uma análise e descrição detalhada do *PhysioSensing* e uma análise ao estado atual dos videojogos vocacionados para promover o exercício físico. Por fim, foi feita uma comparação entre produtos concorrentes.

2. **Seleção do tipo de jogo a desenvolver**

Esta atividade foi dividida em 4 tarefas. A tarefa 2.1 consistiu na categorização dos jogos, ou seja, na classificação de jogos por tipo de jogo. A tarefa 2.2 consistiu na seleção de apenas algumas das categorias criadas na tarefa 2.1 para uma fase posterior do projeto. A tarefa 2.3 consistiu na criação de cenários de jogo para as categorias de jogo selecionadas na tarefa 2.2. Finalmente, a tarefa 2.4 consistiu na escolha de apenas um dos cenários de jogo criados na tarefa 2.3.

3. **Análise de motores de jogo**

Análise e comparação de alguns motores de jogo existentes que poderiam ser utilizados para o desenvolvimento do jogo. Tendo em conta a análise e comparação feitas, foi tomada a decisão sobre que motor de jogo seria utilizado.

4. **Criação de um protótipo de jogo**

Esta atividade foi dividida em duas tarefas: a tarefa 4.1 consistiu no desenvolvimento do protótipo de jogo em si; a tarefa 4.2 consistiu na integração do protótipo com a plataforma de forças *PhysioSensing* para que esta pudesse ser usada para controlar a personagem de jogo.

A realização desta atividade não estava prevista, contudo foi necessário incluí-la devido às dificuldades encontradas durante o levantamento de requisitos para o jogo. A criação de um protótipo de jogo permitiu dispor de um artefacto concreto para ser mostrado a potenciais utilizadores.

5. **Teste ao primeiro protótipo**

Esta atividade consistiu na realização de uma reunião com dois fisioterapeutas onde foi mostrado o protótipo desenvolvido e onde foi feita uma discussão de ideias, levantamento de possíveis requisitos para o jogo e respetivas aplicações práticas.

6. Definição das situações terapêuticas de jogo

Definição de todas as situações de jogo possíveis com base não só nas ideias que vinham de trás como também no feedback obtido na atividade 5 por parte dos fisioterapeutas.

7. Escrita do relatório de estágio

Estruturação e escrita do relatório intermédio de estágio que consiste essencialmente na documentação das tarefas desenvolvidas ao longo do 1º semestre. Esta atividade foi sendo realizada ao longo do semestre e engloba também a realização de correções mediante o feedback obtido por parte dos orientadores.

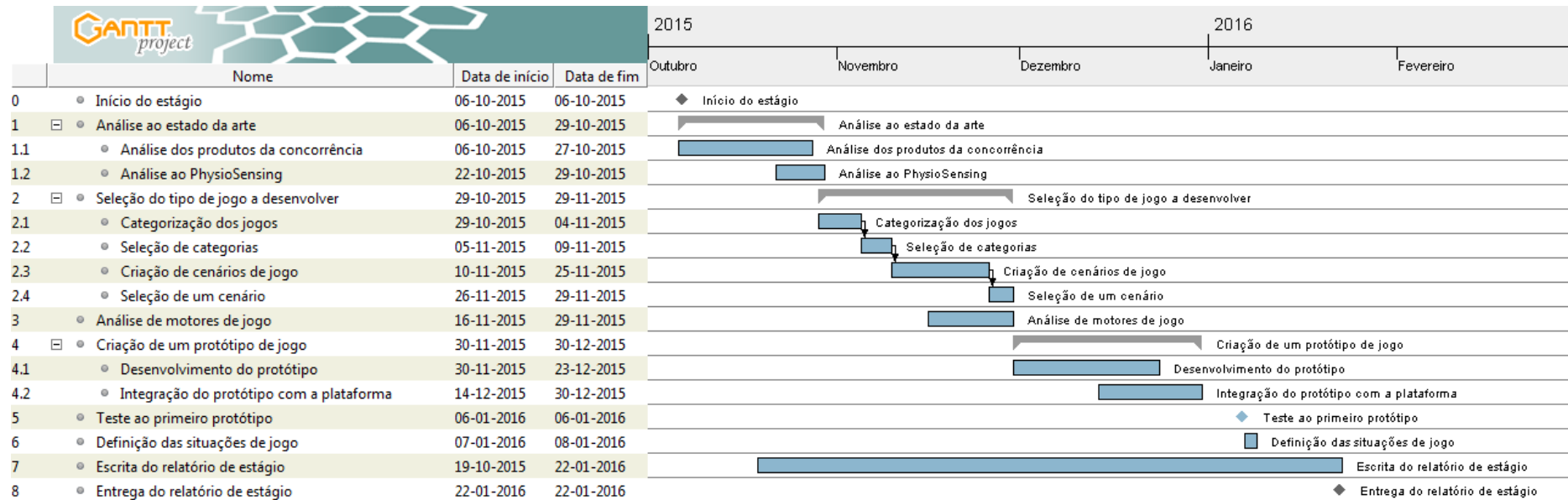


Figura 0.1 - Planeamento do 1º semestre

2.4. Planeamento do 2º semestre

A Figura 2.2 representa o diagrama de *Gantt* relativo ao planeamento das atividades a realizar no 2º semestre.

Descrição das atividades do 2º semestre

1. Desenvolvimento das funcionalidades de jogo

Implementação das funcionalidades de jogo, divididas em 5 partes. Esta atividade vai começar com a implementação do menu principal do jogo (tarefa 1.1) e das situações de jogo que usam apenas a plataforma de forças como controlo (tarefa 1.2). Após esta primeira fase, irá ser feita a integração do Kinect com o *Unity* e com o jogo em si (tarefa 1.3) e a implementação das situações de jogo, que além da plataforma de forças também usam o Kinect como controlo (tarefa 1.4). De referir que a implementação dos menus relativos às configurações das situações de jogo estão incluídos nas tarefas 1.2 e 1.4. Finalmente será implementada a funcionalidade de geração de relatórios clínicos com os *outputs* produzidos pelo jogo.

2. Implementação do *design*

Implementação de um *design* próprio no jogo. Esta atividade está assinalada a vermelho pois não foi realizada, uma vez que a equipa do projeto considerou que o facto de se criar um *design* próprio ia adicionar maior complexidade e reduzir ainda mais o tempo disponível para o desenvolvimento. Além disso, também se considerou que, para o estado atual do desenvolvimento, não era necessário ter um *design* próprio no jogo.

3. Testes com utilizadores finais

Experimentação do jogo final com profissionais de saúde e utentes.

4. Integração do jogo no *PhysioSensing*

Integração do jogo desenvolvido no *software* do *PhysioSensing*. Esta atividade não foi realizada, pelo que se encontra assinalada a vermelho. O principal motivo que levou à não realização desta tarefa deriva das dificuldades sentidas ao longo do desenvolvimento do jogo e dos atrasos que daí surgiram. No entanto, a equipa do projeto também considerou que, para o estado atual do desenvolvimento do jogo, não era necessário ter o jogo integrado no *PhysioSensing* e que essa integração será efetuada após o término do presente trabalho.

5. Testes finais e validações

Implementação e verificação de uma série de testes que devem ser passados pelo produto final. Esta atividade está assinalada a amarelo apenas para assinalar a mudança de nome da tarefa (cf. diagrama de *Gantt* da próxima secção), que reflete a definição do tipo de testes que foram realizados.

6. Escrita do relatório de estágio

Escrita do relatório final de estágio, que consistiu essencialmente na documentação das tarefas desenvolvidas no 2º semestre. Esta atividade foi realizada ao longo do semestre e engloba também a realização de correções mediante o feedback obtido por parte dos orientadores e por parte do júri na defesa intermédia.

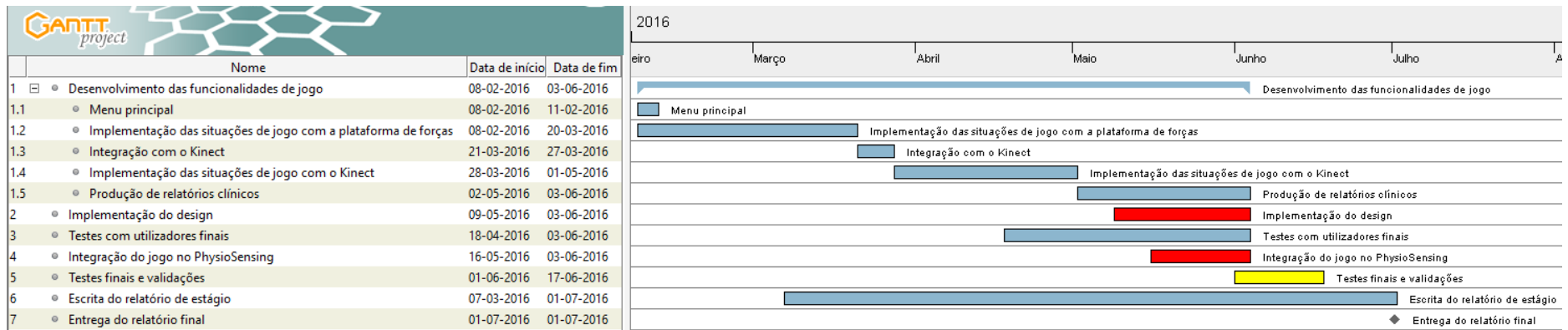


Figura 0.2 - Planeamento do 2º semestre

Notas:

- As atividades assinaladas a vermelho não foram implementadas;
- A atividade assinalada a amarelo sofreu alterações.

2.5. Desvios ao planeamento do 2º semestre

Ocorreram alguns desvios ao que estava inicialmente planeado para o 2º semestre, que serão descritos e justificados nesta secção e que se refletem no diagrama de *Gantt* apresentado mais à frente.

Estes desvios foram provocados pelas dificuldades que estavam a surgir inicialmente no desenvolvimento das situações de jogo, tanto a nível de *design* como a nível de programação, tendo em conta a novidade das tecnologias para o estagiário.

Ao tentar combater estas dificuldades deparou-se com a existência de projetos-*template*, existentes na loja *online* do *Unity*, que disponibilizavam algumas funcionalidades básicas necessárias ao jogo a desenvolver no estágio, pelo que foi necessário analisá-los. Dentro dos projetos analisados, a equipa do projeto considerou que um deles poderia ser uma clara mais-valia para o resultado final do jogo a desenvolver, pelo que optou-se por usá-lo. Foi então necessário estudá-lo exaustivamente para perceber muito bem como funcionava e para poder utilizá-lo como ponto de partida para o desenvolvimento do jogo.

Esta alteração conduziu a desvios ao plano inicial e ao atraso da implementação das situações de jogo.

A Figura 2.3 representa o diagrama de *Gantt* relativo às atividades realizadas no 2º semestre.

Descrição das atividades realizadas no 2º semestre

1. Desenvolvimento das funcionalidades de jogo

Implementação das funcionalidades de jogo, divididas em 7 partes. Esta atividade começou com a implementação dos menus de jogo (tarefa 1.1), que se estendeu até perto do final da atividade. A criação das situações de jogo (tarefa 1.2) está assinalada a verde uma vez que a sua realização não estava inicialmente prevista. Esta tarefa consistiu em criar as diversas situações de jogo. Simultaneamente decorreu a implementação das situações de jogo que usam a plataforma de forças como controlo (tarefa 1.3). Também foi feita a integração do Kinect com o *Unity* e com o jogo em si (tarefa 1.4) e a implementação das situações de jogo que usam o Kinect como controlo (tarefa 1.5). A integração com bibliotecas para geração de ficheiros PDF (tarefa 1.6) está assinalada a verde uma vez que não estava contemplada no planeamento inicial. Por fim foi implementada a funcionalidade de geração de relatórios clínicos com os *outputs* produzidos pelo jogo (tarefa 1.7).

2. Análise de projetos-*template*

Análise de projetos-*template* que disponibilizavam algumas funcionalidades básicas necessárias ao jogo a desenvolver no estágio. A atividade está assinalada a verde por ter sido introduzida sem estar inicialmente prevista.

3. Estudo do *template* adotado

Estudo exaustivo de um dos *templates* analisados para perceção e entendimento do modo de funcionamento, para que pudesse ser utilizado como ponto de partida para o desenvolvimento do jogo. Esta atividade está assinalada a verde pelo mesmo motivo da anterior.

4. **Testes de aceitação**

Realização de testes de aceitação de forma a validar o trabalho desenvolvido e a proceder às respetivas correções caso seja necessário. Esta atividade está assinalada a amarelo apenas para assinalar a mudança de nome da tarefa (cf. diagrama de *Gantt* da Figura 2.2), que reflete a definição do tipo de testes que foram realizados.

5. **Testes com utilizadores finais**

Testes realizados com potenciais utilizadores, recorrendo a conversas pontuais, a *focus groups* e à apresentação pública do jogo desenvolvido. Inicialmente estava prevista a experimentação do jogo em ambiente real e clínico com profissionais de saúde e utentes, o que acabou por não se cumprir por questões de indisponibilidade de recursos humanos e de uma clínica de acolhimento.

6. **Escrita do relatório de estágio**

A escrita do relatório final de estágio consistiu essencialmente na documentação das tarefas desenvolvidas no 2º semestre. Esta atividade foi realizada ao longo do semestre e englobou também a realização de correções mediante o feedback obtido por parte dos orientadores e por parte do júri na defesa intermédia.

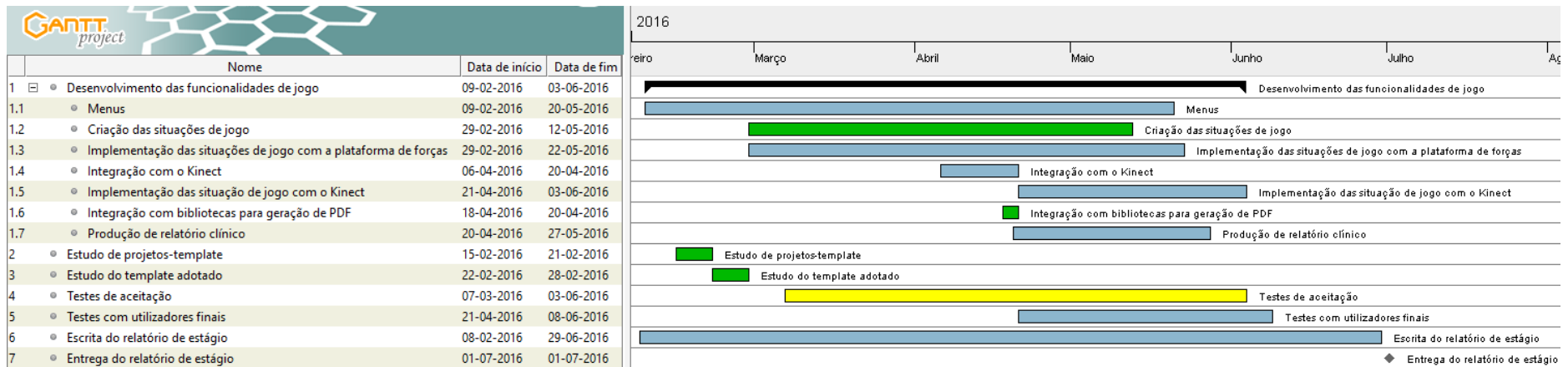


Figura 0.3 – Diagrama de Gantt das atividades realizadas no 2º semestre

Notas:

- As atividades assinaladas a verde não estavam inicialmente previstas;
- A atividade assinalada a amarelo sofreu alterações.

Capítulo 3

Estado da Arte

O estudo do estado da arte pretende dar a conhecer os produtos vocacionados para reabilitação física e promotores de biofeedback visual. Importa distinguir e analisar separadamente que *hardware* e que *software* são utilizados por esses produtos. Para atingir esse objetivo foi feita uma análise de cerca de cinquenta produtos nestas condições. A análise do *hardware* é feita na secção 3.1. e a do *software* na secção 3.2.

Além disso, é essencial dar a conhecer em detalhe o produto no qual o presente estágio se insere. Como tal, na secção 3.3. é feita uma descrição detalhada do *PhysioSensing*.

É também relevante analisar o estado atual dos videojogos vocacionados para promover o exercício físico (*exergames*), conforme presente na secção 3.4.

Por fim, na secção 3.5., é apresentada uma tabela comparativa dos 8 produtos que oferecem as soluções mais relevantes em termos de videojogos, evidenciando critérios.

3.1. *Hardware* utilizado

Nesta secção serão apresentados e descritos os diferentes tipos de dispositivos médicos certificados (*hardware*), utilizados pelas soluções existentes no mercado para terapia e reabilitação.

O presente estudo foca-se, essencialmente, em 3 grandes áreas do corpo que podem ser alvo de terapia e reabilitação física: membros inferiores, membros superiores e coluna. Relativamente ao *hardware* utilizado para este fim, existem 5 grandes grupos:

- Plataformas de forças;
- Assentos;
- Sensores para o corpo;
- Dispositivos específicos para os membros superiores;
- Dispositivos específicos para os membros inferiores.

Além disso, vários estudos (Bieryla, & Dolt, 2013; Doná et al., 2014; Gabrielli et al., 2014; Gerling et al., 2010) revelam que outros dispositivos não desenvolvidos com o intuito de serem aplicados à área da terapia e reabilitação têm sido usados para esse fim, nomeadamente a Wii Balance Board da Nintendo³ e o Kinect da Microsoft⁴. De seguida, é feita uma pequena descrição e são apresentados alguns exemplos de cada um dos 5 grupos de *hardware* existentes.

Plataforma de forças

Uma plataforma de forças é um dispositivo baseado numa placa apoiada em sensores que recolhem uma série de dados. Através destes sensores é possível medir as forças exercidas na

³ Nintendo: <http://www.nintendo.com/>

⁴ Microsoft: <http://www.microsoft.com/>

plataforma, tendo como objetivo a obtenção e avaliação de dados relativos ao equilíbrio, à estabilidade postural, à marcha e à distribuição de forças que o corpo humano faz na sua base de sustentação. Através desta distribuição de forças é possível calcular uma grandeza mecânica importante para a análise do movimento humano, denominada centro de pressão (CP). O centro de pressão é o ponto no solo onde é aplicada a força de reação sobre o corpo humano. Os dados recolhidos têm grande utilidade em áreas como o desporto, a reabilitação e o diagnóstico de doenças (Barela e Duarte, 2011). Na Figura 3.1 é apresentado um exemplo de uma plataforma de forças.



Figura 0.1 - Plataforma de forças da Bertec⁵

Assentos

Relativamente a assentos, o mercado apresenta poucas soluções. De entre todos os produtos analisados foram encontradas apenas 3 soluções possíveis distribuídas por 2 empresas/entidades: uma cadeira oscilante com sensores por baixo (*Sensbalance Therapy Chair* [Figura 3.2 (à esquerda)]), uma almofada com sensores no interior (*Sensbalance Therapy Cushion* [Figura 3.2 (à direita)]), e uma plataforma de forças que além de permitir o que foi descrito no parágrafo anterior, permite também fazer uma avaliação semelhante mas com o indivíduo sentado em cima dela. Estes dispositivos permitem fazer uma avaliação do equilíbrio na posição de sentado e trabalhar movimentos da pélvis e da zona lombar.



Figura 0.2 - Sensbalance Therapy Chair (à esquerda) e Sensbalance Therapy Cushion (à direita), ambas da Sensamove⁶

Sensores para o corpo

Quanto aos sensores para o corpo, podem ser “wearable” ou colados em pontos específicos e podem ser divididos em 2 grupos: sensores para a coluna e sensores para os membros superiores e inferiores. Os sensores para a coluna servem essencialmente para analisar a postura e o equilíbrio e promover o movimento da coluna. Além do tratamento de dor na

⁵ Bertec: <http://www.bertec.com/>

⁶ Sensamove: <http://www.sensamove.com/>

coluna, também podem ser usados para tratamento de défices musculares, mau alinhamento da coluna vertebral e condições neurológicas como, por exemplo, esclerose múltipla e doença de Parkinson. Por outro lado, os sensores para os membros superiores e inferiores promovem o movimento das extremidades superiores e inferiores do corpo, respetivamente, e têm como objetivo principal a sua reabilitação funcional. Na Figura 3.3 são apresentados dois exemplos, um de cada tipo.



Figura 0.3 - Sensores para a coluna do produto ValedoMotion da Hocoma⁷ (à esquerda) e sensores para os membros inferiores do produto Riablo da CoRehab⁸ (à direita)

Dispositivos específicos para membros superiores e dispositivos específicos para membros inferiores

Os dispositivos específicos para membros superiores e os dispositivos específicos para membros inferiores têm como objetivo a reabilitação motora funcional dos referidos membros, respetivamente, que podem estar debilitados por diversas razões como, por exemplo, fraturas, cirurgias ou AVC. A reabilitação dos membros superiores pode ser focada nos ombros, nos cotovelos, nas mãos ou no braço como um todo. A reabilitação dos membros inferiores pode ser focada nos tornozelos, nos joelhos, nos quadris, ou na perna como um todo.

A Figura 3.4 apresenta um exemplo de um dispositivo específico para os membros superiores, vocacionado para a reabilitação do ombro ou do cotovelo. A Figura 3.5 apresenta um exemplo de um dispositivo para os membros inferiores, vocacionado para a reabilitação dos quadris ou do joelho.



Figura 0.4 - Dispositivo Armotion da Reha Technology⁹



Figura 0.5 - Dispositivo LegTutor da MediTouch¹⁰

⁷ Hocoma: <https://www.hocoma.com/>

⁸ CoRehab: <http://www.corehab.it/>

⁹ Reha Technology: <http://www.rehatechnology.com/>

¹⁰ MediTouch: <http://www.meditouch.co.il/>

Wii Balance Board

A Wii Balance Board (Figura 3.6) é um acessório que foi criado com o intuito de ser usado em conjunto com a consola Nintendo Wii e com os jogos Wii Fit. É semelhante a uma plataforma de forças uma vez que mede a força exercida nela, mapeando depois essa força em movimentos para controlar o jogo, e pode também ser usada para medir o equilíbrio. Por esse motivo, a utilização mais comum deste acessório em reabilitação é a reabilitação dos membros inferiores. Os principais motivos que levaram terapeutas e investigadores a utilizar este dispositivo, mesmo não tendo sido desenvolvido para fins terapêuticos, são o baixo custo, a facilidade de utilização e a diversão que proporciona. No entanto, apesar de os jogos disponibilizados no pacote Wii Fit serem divertidos, apenas uma pequena minoria deles poderiam ser usados como exercícios terapêuticos. Um dos problemas que se levanta com a sua utilização tem a ver com o facto de o sistema de pontuação disponibilizado não ter propriamente um significado válido do ponto de vista terapêutico acerca do progresso do utente. A ausência de variáveis físicas concretas como *output* reforça esta limitação. Como tal, não serve como um dispositivo de avaliação eficaz. Entretanto, para fazer face a algumas das adversidades apontadas, algumas empresas/entidades como, por exemplo, a CSMI com o produto Humac Balance e a Kaasa Health com o produto Physiofun Balance Training, começaram a desenvolver *software* capaz de analisar e fornecer feedback clínico com significado.



Figura 0.6 - Wii Balance Board da Nintendo

Kinect

O Kinect (Figura 3.7) é um acessório que foi desenvolvido, originalmente, para ser usado em conjunto com as consolas Xbox 360 e Xbox One da Microsoft, sendo que atualmente é também possível usá-lo em conjunto com o computador. É uma câmara RGB que incorpora um sensor de profundidade, sendo depois usado um algoritmo para deteção de pontos de articulação do corpo humano. Isto permite que os utilizadores joguem sem um comando, usando apenas os movimentos do corpo como controlo do jogo. Ou seja, este dispositivo permite que o utilizador possa usar qualquer parte do corpo para produzir ações no jogo. Inicialmente o Kinect era vendido em conjunto com a consola Xbox One mas, ao contrário do esperado, foi um acessório que não impressionou a comunidade *gaming* como dispositivo de jogo, o que levou a constantes queixas dos utilizadores e ao volume de vendas muito baixo da consola. A prova do falhanço do Kinect é evidente pelo facto das vendas da Xbox One terem mais que duplicado depois da Microsoft ter separado a venda das duas, conforme anunciado numa publicação do blog oficial da Xbox (Xbox Wire Staff, 2014). No entanto, devido às suas funcionalidades e capacidades de detetar o movimento humano, e como já foi referido anteriormente, este dispositivo tem sido amplamente utilizado para outros fins, entre os quais se encontra o desenvolvimento de aplicações para terapia e reabilitação.



Figura 0.7 - Kinect da Microsoft

3.2. Software utilizado

Nesta secção serão apresentados e descritos os diferentes tipos de *software* que, em conjunto com algum tipo de *hardware* (secção 3.1.), são utilizados para terapia e reabilitação.

De uma forma geral, todos os *softwares* utilizados pelas soluções existentes no mercado têm o mesmo objetivo: fornecer biofeedback visual em tempo real acerca da atividade realizada pelo utilizador, que é medida através de algum dispositivo/*hardware*.

Apesar de existirem dispositivos médicos com diferentes objetivos e destinados a diferentes partes do corpo, essas diferenças são pouco notórias a nível de *software*, sendo todos eles muito semelhantes. Existem, inclusivamente, alguns *softwares* que são usados para toda a gama de produtos de uma empresa/entidade, sejam eles uma plataforma de forças, sensores ou dispositivos específicos para membros superiores e inferiores. Nesse caso, a maior parte dos exercícios disponibilizados são semelhantes, ou até mesmo iguais, e só é necessário indicar ao *software* que dispositivo está a ser usado para se procederem às devidas adaptações, no caso de serem necessárias. No entanto, é possível fazer uma distinção entre 3 grupos de *software* nesta área:

- Os que servem para fazer testes e medir/avaliar certos parâmetros relacionados com o que está a ser alvo de reabilitação;
- Os que servem para treinar a(s) área(s) afetada(s) disponibilizando exercícios e/ou jogos;
- Ambos os pontos descritos anteriormente.

Uma das primeiras etapas que a maioria dos *softwares* necessita é uma pequena configuração do dispositivo que está a ser usado para verificar se está tudo a funcionar bem: deteção do dispositivo pelo *software*, deteção dos movimentos, etc. Outro aspeto usualmente definido logo no início é a amplitude do movimento do utilizador, isto é, verificar até que ponto ele consegue, por exemplo, inclinar o seu corpo ou estender e fletir o braço ou a mão. Se tudo estiver a funcionar corretamente, o *software* disponibiliza então uma série de testes, jogos e/ou exercícios que o utilizador pode fazer.

De referir que a maior parte dos *softwares* permitem também que seja feita uma gestão dos utilizadores, quer utentes quer terapeutas. Em relação aos utentes, o comum é que seja criada uma ficha com dados pessoais e clínicos. Além disso, toda e qualquer atividade realizada por cada utente pode ser registada e associada a ele. Desta forma, é mantido um registo do que é feito pelo utente ao longo do tempo, permitindo assim a comparação de resultados e a análise da sua evolução.

Há ainda a possibilidade de fazer um plano individual de treino para cada utente e de gerar relatórios sobre os resultados do tratamento.

Testes/Análises

Relativamente a testes que podem ser feitos, todos eles são bastante semelhantes ou até mesmo iguais, uma vez que se baseiam em testes *standard* feitos em sessões de terapia e reabilitação física. No entanto, há alguns testes que só podem ser feitos por alguns dispositivos devido às suas especificidades. Um desses exemplos é o teste de organização sensorial (TOS), que apenas é feito na plataforma de forças SMART Balance Master da NATUS¹¹ graças à existência de um meio envolvente dinâmico. Este teste consiste em avaliar o uso dos sistemas visual, vestibular e proprioceptivo para a manutenção do equilíbrio em diversas situações: uma combinação entre olhos abertos ou olhos fechados, plataforma fixa ou dinâmica e meio envolvente fixo ou dinâmico (Mann et al., 2011).

Outro teste muito comum e relevante em vários *softwares* ligados a questões relacionadas com o equilíbrio é o teste do limite da estabilidade (LE). Este teste mede a distância máxima em qualquer direção a que um indivíduo consegue chegar, ao inclinar o seu corpo para além da sua base de suporte, sem perder o equilíbrio (Rossi et al., 2009).

Há ainda outros testes que podem ser feitos como, por exemplo, um teste que determina se o problema de equilíbrio é visual, vestibular ou proprioceptivo.

Exercícios

Relativamente aos exercícios que se podem fazer, importa referir que alguns deles servem também como ferramenta de análise e de teste e não apenas como ferramenta de treino/exercício para melhorar as capacidades motoras e cognitivas do indivíduo em tratamento. De facto, durante a realização dos exercícios, são também recolhidos dados objetivos e importantes para avaliação por parte do terapeuta.

Em relação aos exercícios oferecidos pelos produtos analisados, é possível identificar um conjunto de exercícios base que estão presentes em grande parte dos *softwares*. Alguns desses casos são os exercícios que requerem a manutenção do equilíbrio num ponto específico, a mudança rítmica do CP, que consiste em alternar o CP entre a parte esquerda e a parte direita do corpo de forma ritmada, e a manutenção do equilíbrio apenas com um pé apoiado no chão ou na plataforma. Por outro lado, para exercícios que têm em vista, principalmente, a diminuição do risco de queda, pode ser dado o exemplo de um exercício que consiste em controlar a distribuição do peso quando se está a levantar ou a sentar.

Os objetivos dos exercícios disponibilizados passam principalmente pela melhoria das capacidades físicas e mentais dos utentes, têm como alvo uma combinação de objetivos terapêuticos e são baseados em programas de tratamento comprovados e certificados. Relativamente às capacidades físicas, o foco é a melhoria do tempo de reação a estímulos, da manutenção do equilíbrio, da capacidade proprioceptiva, da consciencialização e amplitude do movimento e da força.

A maior parte dos exercícios podem ser personalizados pelo terapeuta, para melhor se ajustarem às necessidades individuais de recuperação do utente. A personalização que pode ser feita depende muito do exercício em causa. No caso do exercício que requer a mudança rítmica do CP, uma possível personalização passa pelo ritmo a que o utente tem de mudar o seu CP, ou seja, de quanto em quanto tempo é que ele o tem de fazer. Noutros casos, pode-se definir a duração do exercício, o tamanho, forma e orientação de alguns elementos constituintes do exercício.

¹¹ Natus: <http://www.natus.com/>

Jogos

Além dos testes e exercícios que são possíveis fazer, alguns destes *softwares* oferecem também jogos que pretendem tornar o processo de reabilitação mais divertido e motivador. Sendo que o foco do estágio está no desenvolvimento de um jogo para reabilitação, este assunto será discutido mais detalhadamente na secção 3.4.

3.3. A plataforma *PhysioSensing*

A plataforma *PhysioSensing* foi o primeiro produto lançado pela empresa Sensing Future no início de 2015 e consiste numa plataforma de forças para treino e avaliação de equilíbrio e transferência de carga. O trabalho desenvolvido neste estágio está integrado neste produto.

Motivação

O *PhysioSensing* foi criado para avaliação e treino de equilíbrio e transferência de carga. Com o *PhysioSensing* os utentes estão mais motivados e percecionam melhor as alterações a nível de carga nos seus membros inferiores graças ao biofeedback visual.

Apesar do profissional de saúde conseguir percecionar uma postura errada no utente, este não se apercebe disso e sente-se bem numa determinada posição ou postura pois está acostumado a ela. Assim, a ideia do *PhysioSensing* passa por ter uma ferramenta que dê essa informação ao indivíduo em reabilitação e que disponibilize ao profissional de saúde informação objetiva e quantificada acerca da condição do utente.

Composição

A plataforma *PhysioSensing* é um dispositivo médico certificado composto por dois módulos: uma plataforma de forças e um *software* promotor de biofeedback visual. Na Figura 3.8 estão representados ambos os módulos, onde é possível visualizar a plataforma de forças sob os pés do utente e o *software* supramencionado.



Figura 0.8 - Plataforma *PhysioSensing*

A plataforma de forças surge da necessidade de medir o equilíbrio na posição em pé e de fazer exercícios na referida posição. É composta por quatro planos independentes, que medem a força através de células de carga.

O *software* serve para fornecer biofeedback visual em tempo real, a utentes e profissionais de saúde. Mais à frente, nesta secção, será dado mais detalhe acerca do *software* oferecido, nomeadamente no que diz respeito à interface com o utilizador e aos exercícios disponibilizados.

Modo de funcionamento

A plataforma de forças contém células de carga, que são transdutores de força e servem para medir a força aplicada nestes dispositivos, transformando-a num sinal elétrico.

O modo de comunicação entre estes dispositivos e o *software* é feito através de um microcontrolador (*Wigateway*) que recebe os dados das células de carga, trata-os (eliminando possíveis ruídos), converte-os para carga (kg) e envia-os para o computador via Wi-Fi. Ou seja, para suportar esta comunicação, é necessário existir um *router* para gerar e gerir uma rede sem fios. O computador onde o *software* está a correr tem então de se ligar à rede e detetar a plataforma, verificando se está online.

Ao nível do *software*, são recebidos os dados das quatro áreas da plataforma de forças e estão sempre a ser feitas as somas que permitem dar o biofeedback visual do que está a ser realizado. Mediante os exercícios são somados os dados da área da frente direita com a de trás direita e a da frente esquerda com a de trás esquerda ou os dados da área da frente direita com a da frente esquerda e a de trás direita com a de trás esquerda.

Estes quatro valores estão constantemente a ser enviados com uma frequência de 100 Hz. Importa referir que esses dados são divididos e enviados em dez pacotes. O tipo de protocolo que está a ser utilizado na comunicação não verifica se o pacote chegou ou não ao seu destinatário, ou seja, não implementa qualquer mecanismo de controlo de erros e perda de pacotes. No entanto, se houver perda de conexão surge um aviso no *software*.

Benefícios e aplicações

Os benefícios do *PhysioSensing* podem ser vistos a dois níveis: benefícios para o utente e benefícios para o profissional de saúde.

Para o utente, pois permite que este encare o processo de reabilitação com pró-atividade, empenho e motivação. Permite-lhe também definir metas e objetivos pessoais e visualizar resultados.

Para o profissional de saúde, uma vez que obtém informação objetiva e quantificada em detrimento de uma avaliação subjetiva. Além disso, é uma ferramenta de diagnóstico rápido e de treino que facilita o registo de evoluções.

A capacidade que o *PhysioSensing* tem para avaliar o equilíbrio e quantificar a carga colocada nos membros inferiores faz com que seja uma ferramenta com um campo de aplicação muito vasto, sendo transversal a todas as atividades de terapia e reabilitação física. As principais aplicações são a reabilitação de AVC, condições neuromusculares e envelhecimento ativo.

O software

O principal objetivo de ter um *software* associado a este tipo de produtos é a possibilidade de fornecer biofeedback visual, tanto ao utente como ao profissional de saúde que o acompanha. O biofeedback visual concede informação valiosa para o profissional de saúde que pode quantificar objetivamente os resultados e evolução da terapia e, permite também, uma maior interação com o utente. Além disso, o utente poderá ser mais pró-ativo no seu processo de reabilitação, uma vez que vê resultados em tempo real e pode, em conjunto com o profissional de saúde, criar metas para que as possa atingir com maior entusiasmo e motivação.

Os exercícios do *PhysioSensing* podem ser agrupados em duas categorias: exercícios de equilíbrio e exercícios de transferência de carga. De referir que, no final de cada exercício, é possível gerar um relatório clínico que contém informação do utente, do exercício e dos resultados obtidos. O que significa que o *software* permite também a criação de uma ficha do utente com dados pessoais e clínicos.

Exercícios de equilíbrio

Os exercícios de equilíbrio servem fundamentalmente para avaliação e treino de equilíbrio na posição de pé e podem ser feitos nos diversos planos anatómicos. As figuras 3.9 a 3.11 representam exemplos de alguns exercícios de equilíbrio.

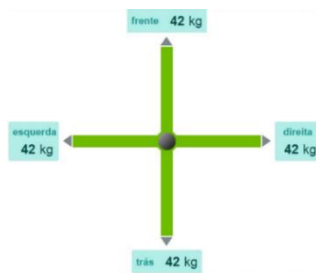


Figura 0.9 - Exemplo da avaliação do equilíbrio global

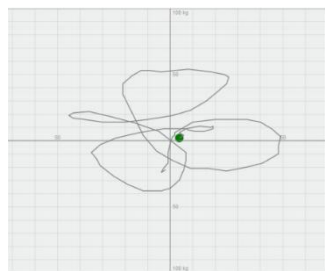


Figura 0.10 - Exemplo do resultado do exercício para avaliação dos limites de estabilidade



Figura 0.11 - Exemplo de um percurso dos exercícios de equilíbrio

Exercícios de transferência de carga

Com os exercícios de transferência de carga, pretende-se que o utilizador transfira carga para os membros inferiores nos planos sagital e ântero-posterior na posição de pé. Neste tipo de exercícios são registadas as cargas máximas atingidas pelo utente. As figuras 3.12 e 3.13 representam exemplos de alguns exercícios de transferência de carga.



Figura 0.12 - Exemplo do exercício da transferência de carga no plano sagital

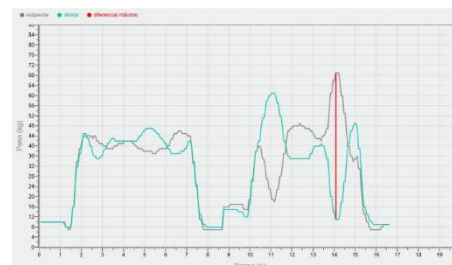


Figura 0.13 - Exemplo do exercício para a análise dinâmica do movimento na passagem da posição de sentado para a posição de pé

3.4. Jogos para reabilitação

Além das ferramentas de análise, teste e diagnóstico, e dos exercícios que as soluções existentes no mercado oferecem, grande parte delas oferecem também jogos orientados para terapia e reabilitação física. Alguns desses jogos baseiam-se em exercícios que seriam efetuados em sessões de terapia e reabilitação física.

Há dois conceitos muito importantes nesta área: jogos sérios e *exergames*. Os jogos sérios são jogos que têm fins educativos ou que pretendem treinar capacidades cognitivas como, por exemplo, a memória e o raciocínio. Este tipo de jogos é muito usado em crianças, uma vez que alia o prazer e o divertimento de jogar à possibilidade de enriquecer os seus conhecimentos de, por exemplo, matemática, ou até mesmo de criar novo conhecimento acerca de áreas ainda não exploradas pela criança. O conceito *exergames* vem da junção das palavras “*exercise*” e “*games*”, ou seja, representa a junção da prática de exercício físico com jogar jogos. Não é um conceito propriamente novo, uma vez que o primeiro grande videojogo de sucesso do género, o *Dance Dance Revolution*, foi lançado em 1998, mas a sua aplicação na área da reabilitação é relativamente recente. Uma das coisas que tornou isso possível foi a utilização de dispositivos como a Wii Balance Board e o Kinect para fins que não aqueles para os quais estavam inicialmente designados, como foi referido anteriormente na secção 3.1. Os jogos vocacionados para reabilitação tentam ser uma junção entre jogo sério e *exergame*, de forma a estimular tanto as capacidades cognitivas como as capacidades motoras.

A utilização de jogos na área da reabilitação está relacionada com questões motivacionais do utente. Ao passo que numa sessão de terapia e reabilitação física é obrigado a fazer inúmeras repetições dos mesmos exercícios sem ver resultados práticos, se lhe for dada a possibilidade de se entreter ao praticar um jogo, vai ter mais motivação para ir às sessões e vai acabar por fazer as mesmas ou até mais repetições sem se aperceber. Além disso, chega ao fim da sessão menos aborrecido e, ao comparar os seus resultados ao longo do tempo, fica com a noção de como está a decorrer e a evoluir o seu processo de reabilitação. Importa referir que não basta incluir um jogo numa sessão de terapia e reabilitação física para que o utente ganhe motivação, não é essa ideia que se pretende transmitir, mas se o jogo for desenvolvido tendo em conta uma série de fatores e tiver em conta opiniões de terapeutas e de utentes, é mais provável que o *output* final seja um artefacto que cria, efetivamente, motivação extra.

Existem vários estudos (Chen et al., 2012; Srivastava et al., 2009; Yavuzer et al., 2006) que comprovam a eficácia e a vantagem deste tipo de terapia em relação à tradicional. No entanto, há um grande caminho a percorrer na validação efetiva destes equipamentos. A razão para esta lacuna pode ter a ver com a quantidade de tempo que é necessária para se chegarem a resultados conclusivos. Existem ainda alguns estudos que fazem recomendações acerca das características que os jogos devem conter, sendo claro que os que são especificamente desenvolvidos para essa área são mais efetivos (Gerling et al., 2010).

3.5. Análise de produtos concorrentes

Como o foco do presente estágio é o desenvolvimento de um jogo, a análise de produtos concorrentes foi focada nos jogos que eles têm, não tendo sido feita qualquer comparação entre o *hardware* e *software* oferecidos.

Para a execução desta tarefa, e como foi mencionado no início do capítulo, foram analisados cerca de cinquenta produtos que oferecem jogos para reabilitação. Depois da análise de todos os produtos e respetivos jogos, e dada a enorme quantidade de produtos e as

semelhanças que existem entre muitos deles, foi feita uma escolha de oito produtos que oferecem jogos dos mais variados tipos e que são uma amostra representativa de todos os produtos analisados. Desta forma, foi possível englobar todos os tipos de jogos sem que sejam todos referenciados.

Para essa seleção foram tidos em conta aspetos como o *hardware* a utilizar, os movimentos utilizados, qual a situação terapêutica do exercício (o que pretende exercitar), quais os *outputs* produzidos e a existência da possibilidade de personalização. Na Tabela 3.1 é apresentada a comparação entre os 8 produtos escolhidos pelo critério referido no parágrafo anterior, além do jogo terapêutico a desenvolver. A tabela completa com a análise de cada jogo de cada um dos produtos apresentados na Tabela 3.1 (à exceção do jogo a desenvolver) pode ser consultada no Apêndice A.

Através da análise da Tabela 3.1 pode-se concluir que os produtos que oferecem jogos para reabilitação se restringem à utilização de apenas um tipo de *hardware* e que cada jogo oferecido se foca em apenas um ou dois tipos de movimentos e, conseqüentemente, em apenas uma ou duas funções terapêuticas. Relativamente aos *outputs* produzidos, estes aparentam ser limitados, apesar de não ser possível verificar efetivamente todos os *outputs* que são produzidos. Quanto à possibilidade de personalização, a maioria tem esse aspeto em conta e os restantes não foi possível averiguar.

Para além destes produtos, foram também analisados outros jogos (maioritariamente *exergames*) que, apesar de não serem usados para fins terapêuticos, podem ser adaptados para tal. Daqui surgiu outra tabela com sete novas referências e uma referência (NATUS Neurocom – Smart Balance Master) relativa aos produtos analisados, mas que não se enquadrava nos moldes da tabela do Apêndice A. Essa tabela pode ser encontrada no Apêndice B e contém um *link* para o jogo ou para um vídeo do jogo e uma breve descrição. A maior parte dos jogos encontram-se no lote de jogos disponíveis para a consola Wii da Nintendo, por serem simples e apresentarem um bom *design*. Isto não é um facto que espante, tendo em conta que esses jogos foram feitos precisamente para entreter e divertir os seus utilizadores.

Relativamente ao produto a desenvolver no presente estágio, pretende-se marcar a diferença através da utilização de dois tipos de *hardware* complementares em simultâneo, a plataforma de forças e o Kinect, possibilitando assim a introdução de funcionalidades mais completas e a produção de mais *outputs*. Pretende-se então juntar vários movimentos e várias situações terapêuticas num só jogo. Ao utilizar dois tipos de *hardware* é possível ir adicionando mais movimentos e situações terapêuticas ao jogo. A plataforma de forças permite quantificar a carga que está a ser exercida nela, o que não é atingível pelo Kinect. Por outro lado, o Kinect pode detetar movimentos não detetáveis com a plataforma de forças. Assim, a junção destes dois dispositivos e todas as implicações que daí advêm é um grande fator distintivo em relação aos restantes produtos existentes no mercado.

Além disso, o facto de haver um contacto próximo e permanente entre a Sensing Future e profissionais de saúde permite que se possam produzir *outputs* e parâmetros de personalização de acordo com as suas necessidades reais. A forma como se pretende atingir todos estes objetivos é apresentada nos próximos capítulos.

Posteriormente neste documento, na secção 5.4., quando forem definidas as situações terapêuticas que o jogo a desenvolver deve conter, será feita uma nova comparação entre os jogos destes oito produtos e o jogo a desenvolver. No entanto, essa comparação irá incidir apenas nas situações terapêuticas que cada um permite treinar.

Tabela 3.1 - Comparação de produtos concorrentes

	<i>Hardware</i>	<i>Movimentos</i>	<i>Situação terapêutica</i>	<i>Outputs</i>	Possibilidade de personalização
Physioplay	Plataforma de forças	Mudança do CP	Transferência de carga	Pontuação obtida no jogo	✓
Mira	Kinect	Levantar/sentar; Levantar/baixar o braço	Prevenção de quedas; Mobilidade dos membros superiores	Pontuação obtida no jogo, velocidade de execução e aceleração do movimento	✓
Curapy	Kinect	Passos para os lados	Marcha e equilíbrio	Amplitude do movimento, velocidade de execução e aceleração do movimento	?
SeeMe	Kinect	Inclinação do tronco; Movimentos com os braços; Agachamentos	Equilíbrio; Mobilidade dos membros superiores	Tempo de reação	✓
ValedoMotion	Sensores no corpo	Inclinação do tronco	Exercícios lombares	Pontuação obtida no jogo	?
Armeo	Dispositivo específico para o braço	Movimentos com os braços	Mobilidade dos membros superiores	Pontuação obtida no jogo	✓
RM. Feedback Platform	Plataforma de forças	Mudança do CP	Transferência de carga; Equilíbrio	Pontuação obtida no jogo	?
BioVal	Sensores no corpo	Movimentos com os braços	Mobilidade dos membros superiores	Amplitude do movimento	?
Jogo terapêutico a desenvolver	Plataforma de forças + Kinect	Mudança do CP; Agachamentos; Posição unipedal	Equilíbrio; Transferência de carga	Pontuação obtida no jogo, taxa de sucesso para cada situação terapêutica, gráfico do deslocamento do CP	✓

Capítulo 4

Seleção do tipo de jogo a desenvolver e da tecnologia a utilizar

Neste capítulo é apresentado todo o trabalho preliminar que teve de ser feito antes de partir para o desenvolvimento do jogo terapêutico.

Nas secções 4.1. a 4.4. é apresentado todo o processo de seleção do tipo de jogo a desenvolver, assim como todas as decisões tomadas e suas justificações.

Na secção 4.5. é feita a seleção das tecnologias a utilizar que, neste caso, se baseia na escolha de um motor de jogo.

4.1. Categorização dos jogos

O primeiro passo para a seleção do tipo de jogo a desenvolver passou pelo agrupamento e classificação de todos os jogos em diferentes categorias. Para fazer a categorização dos jogos teve-se em conta os seguintes pontos:

- Movimentos base – movimentos que o jogador tem de fazer para controlar o jogo ou a personagem do jogo. Tendo em conta a área em que os jogos estão inseridos, esses movimentos podem ser a inclinação do corpo em qualquer direção, o movimento dos braços, agachamentos e saltos;
- *Outputs* produzidos – variáveis com significado terapêutico retiradas do jogo;
- Tipo de aplicação – aplicação cognitiva e/ou física;
- *Hardware* utilizado – dispositivo de entrada de dados que o jogo utiliza para a interação com o jogador.

Os jogos encontrados durante o estudo do estado da arte foram agrupados em onze categorias:

1. Labirintos;
2. Equilíbrio;
3. Saltos;
4. Seguir alvo;
5. ADL (“*Activities of Daily Living*”);
6. Alcançar posição;
7. Seguir caminho;
8. Pong;
9. Perfil;
10. Frente/Simulação;
11. Puzzle/*Edutainment*.

As figuras 4.1 a 4.4 apresentam exemplos de jogos de 4 destas categorias.



Figura 0.1 - Jogo da categoria "Labirintos"



Figura 0.2 - Jogo da categoria "Equilíbrio"



Figura 0.3 - Jogo da categoria "Pong"



Figura 0.4 - Jogo da categoria "Frente/Simulação"

A descrição detalhada de cada categoria, tendo em conta os quatro pontos acima descritos, assim como a apresentação de um ou dois exemplos de jogos que se enquadram na categoria podem ser consultadas no Apêndice C.

Nas secções seguintes (4.2. a 4.4) é descrito com detalhe todo o processo de seleção do tipo de jogo a desenvolver, assim como todas as decisões tomadas e sua justificação. A Figura 4.5 resume o processo efetuado.

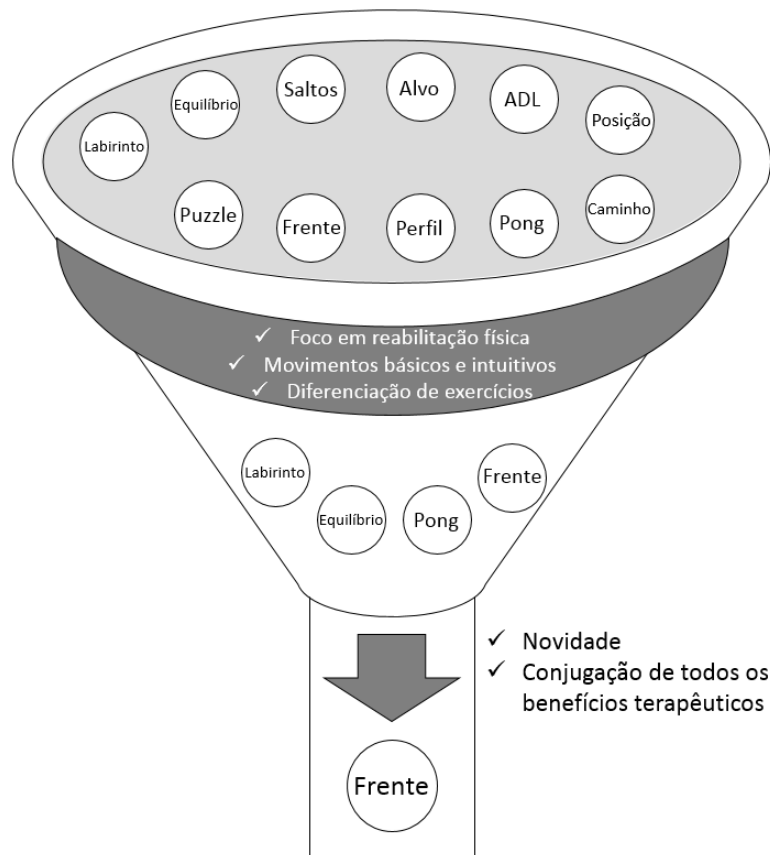


Figura 0.5 - Esquema conceptual do processo de seleção do jogo a desenvolver

4.2. Seleção de categorias

De modo a seleccionar as categorias que iriam avançar para a criação de cenários de jogos, foi necessário ter em conta também alguns critérios que serão explicados de seguida.

Algumas categorias foram logo colocadas de parte por não estarem enquadradas nos objetivos pretendidos, uma vez que estavam muito focados na reabilitação cognitiva e não tanto na reabilitação neuromusculoesquelética que é, no fundo, a principal filosofia do *PhysioSensing*. De notar que é clara a existência de benefícios a nível cognitivo na maior parte dos jogos analisados mas, para o presente estágio e produto que se pretende produzir através

dele, não é um requisito final, sendo dada preferência à reabilitação das funções motoras. Posto isto, e de acordo com este critério, foram retiradas as categorias 5 (ADL) e 11 (Puzzle/Edutainment).

A categoria 3 (Saltos) foi eliminada porque a plataforma de forças não está preparada para suportar saltos. Além disso, os movimentos requeridos para os jogos desta categoria são já muito avançados para alguém que está em reabilitação, principalmente se a reabilitação estiver na fase inicial. Mesmo que a plataforma suportasse saltos, esse é um movimento inaceitável na maioria dos casos devido, principalmente, à idade do indivíduo em reabilitação.

A categoria 9 (Perfil) foi eliminada porque se considerou que os movimentos necessários para controlar o jogo não eram muito intuitivos na medida em que não existe um mapeamento claro entre o movimento do jogador e o movimento da personagem do jogo.

Outro critério deveu-se ao facto de se poder acrescentar algo de novo ao *PhysioSensing*, atendendo ao que está desenvolvido. Não se pretende que seja desenvolvido um jogo com os mesmos princípios dos exercícios já oferecidos pelo *PhysioSensing*. Por esse motivo, as categorias 4 (Seguir alvo), 6 (Alcançar posição) e 7 (Seguir caminho) foram também colocadas de parte.

Neste último ponto pode ser levantada uma incongruência, uma vez que a categoria 8 (Pong) não foi eliminada, apesar do *PhysioSensing* já oferecer um jogo deste género. Esta categoria foi uma das escolhidas porque o jogo existente é bastante simples e pode haver a possibilidade de melhorá-lo muito mais.

As restantes 3 categorias que não se enquadram nos critérios de eliminação atrás referidos e que, por isso, foram também selecionadas são as categorias 1 (Labirintos), 2 (Equilíbrio) e 10 (Frente/Simulação).

De notar que a categoria 2, apesar de poder ser considerada monótona, foi escolhida pelo facto de o *PhysioSensing* ter como base o treino do equilíbrio de indivíduos em reabilitação. Desta forma, faz todo o sentido ter em consideração esta categoria.

Importa ainda referir dois aspetos finais. Os tipos de jogos inseridos nas quatro categorias escolhidas permitem que se vá buscar o melhor de cada um dos outros. Além disso, foram consideradas quatro categorias com níveis aparentemente diferentes em termos de complexidade de desenvolvimento, face ao tempo disponível para a implementação do jogo e à curva de aprendizagem pela qual o estagiário tem de passar. Isto significa que a decisão não foi apenas uma decisão científico-terapêutica mas também uma decisão de natureza técnica.

4.3. Criação de cenários de jogo

Estando selecionadas as quatro categorias o próximo passo foi a criação de cenários para cada uma delas, idealizando um jogo e a sua caracterização. Foram criados cenários para cada categoria para verificar o que cada uma poderia oferecer em termos terapêuticos.

Os cenários incluem uma breve descrição do jogo, dos diferentes níveis que podem existir e dos movimentos necessários para o jogar, estando presente a possibilidade de utilizar o Kinect para além da plataforma de forças. Os cenários incluem também descrições de como o jogo poderia ser jogado só com uma delas ou com ambas em simultâneo, pelo que há também uma descrição explicativa de como se poderiam controlar dois artefactos do jogo ao mesmo tempo.

De notar que o nome da categoria 1 (Labirintos) foi mudada para “Tabuleiro” por ser um nome que melhor abrange todos os jogos incluídos na categoria, não estando assim apenas associado a jogos que contêm labirintos.

Os cenários de jogo criados foram os seguintes:

1. Cenário de jogo #1 – Tabuleiro
2. Cenário de jogo #2 – Equilíbrio
3. Cenário de jogo #3 – Pong
4. Cenário de jogo #4 – Frente

A descrição detalhada de cada um deles pode ser consultada no Apêndice D.

4.4. Seleção de um cenário de jogo

Para a escolha do cenário de jogo com o qual se iria avançar para a criação de um protótipo, foi novamente necessário ter em conta alguns critérios que serão explicados de seguida.

Relativamente ao cenário de jogo 3, relativo à categoria 8 (Pong), este foi colocado de parte porque existindo a possibilidade de fazer algo novo, não se iria avançar com um melhoramento do jogo oferecido pelo *PhysioSensing*, a não ser que não fosse possível desenvolver um jogo 3D por restrições técnicas ou temporais.

Considerou-se que a partir de um jogo 3D se podem reunir todos os benefícios terapêuticos que os outros já eliminados ofereciam. Além disso, com um jogo 3D é possível criar várias situações e níveis que combinem diferentes situações terapêuticas de outros jogos eliminados e mapear, da forma mais realista possível, os movimentos do jogador com os movimentos da personagem do jogo. Por este motivo, foi selecionado o cenário 4 (Frente), ficando também de parte os cenários de jogo 1 (Tabuleiro) e 2 (Equilíbrio).

De referir que, todas as categorias e jogos que foram eliminados, não foram totalmente colocados de parte. Havendo agora um conhecimento geral dos jogos que existem, das características deles e do que oferecem em termos de *outputs*, todo esse conhecimento pode ser aproveitado e reutilizado para o jogo que se pretende desenvolver.

As decisões tomadas vão-se refletir mais à frente, na secção 5.4., quando for apresentada a tabela com as situações de jogo.

4.5. Seleção do motor de jogo

De modo a desenvolver o jogo proposto para o presente estágio foi necessário escolher o motor de jogo no qual este foi desenvolvido. Existem vários motores de jogo no mercado, no entanto dois deles - *Unity*¹² e *Unreal Engine*¹³ - destacam-se dos restantes quer pela sua popularidade entre a comunidade de “*game developers*”, quer pela quantidade e qualidade da documentação disponível e do suporte oferecido. Como tal, nesta secção será feita uma breve descrição, análise e comparação desses dois motores de jogo. Na realidade, como os requisitos de *hardware* da versão mais recente do *Unreal Engine* são superiores ao do computador no qual se vai desenvolver o jogo, optou-se por considerar uma versão anterior deste motor de jogo: o *Unreal Development Kit* (UDK). Assim, a comparação de motores de jogo foi feita entre o *Unity* e a referida versão do *Unreal Engine*.

¹² Unity: <https://unity3d.com/>

¹³ Unreal Engine: <https://www.unrealengine.com/>

De notar que a seguinte descrição sobre cada um dos motores de jogo é baseada nas suas páginas oficiais, documentação oficial e fóruns oficiais.

Unity 5

O motor de jogo *Unity* foi criado pela *Unity Technologies* e está atualmente na versão 5.3.1, lançada em dezembro de 2015. Permite o desenvolvimento de jogos para múltiplas plataformas, entre as quais se encontram os sistemas operativos *Windows*, *Mac OS*, *Linux*, *iOS* e *Android*.

Os jogos feitos em *Unity* são compostos por objetos de jogo (“*gameobjects*”), aos quais se podem adicionar componentes (nomeadamente *scripts*), para que tenham determinado comportamento, como por exemplo, serem afetados pelas leis da física, produzirem animações, entre outros. Esses *scripts* podem ser escritos numa das três linguagens suportadas pelo *Unity*: *C#*, *JavaScript* e *Boo* (linguagem baseada em *Python*). Devido ao suporte da linguagem *C#*, também grande parte das bibliotecas *.NET* são suportadas.

Para a criação dos jogos, é oferecido um editor 3D onde se pode fazer “*drag and drop*” dos objetos e que é caracterizado pela premissa “*what you see is what you get*” (WYSIWYG). Também oferece um editor visual que permite modificar componentes dos objetos de jogo através de caixas de texto e “*checkboxes*”.

O motor de jogo suporta a integração com dispositivos externos de entrada de dados, entre os quais se encontra o Kinect, assim como a importação de modelos 3D criados em ferramentas externas.

O *Unity* vem com um motor de física embutido (*NVIDIA PhysX*¹⁴) para simular a componente física do jogo, e usa o *DirectX* e o *OpenGL* para fazer a renderização dos elementos gráficos.

Possui uma loja *online* (*Asset Store*¹⁵) onde se pode fazer *download* de vários recursos oficiais e não oficiais, grátis ou pagos. Estes recursos estão divididos por categorias e podem ser, por exemplo, modelos 3D, animações, ficheiros de áudio, texturas e materiais, entre outros.

A comunidade *online* é bastante ativa, principalmente nos fóruns oficiais, e a documentação oficial fornecida é extensa, muito abrangente e de qualidade. Há também inúmeros tutoriais, oficiais ou não, que são uma mais-valia para quem se está a iniciar na área ou até mesmo para utilizadores com mais experiência, no caso dos tutoriais com conceitos mais avançados.

Em termos de licença comercial, o *Unity* oferece uma versão gratuita bastante semelhante à versão paga, não sendo incluído um pequeno número de funcionalidades como, por exemplo, a integração com um sistema de controlo de versões e ferramentas de otimização. O que significa que as funcionalidades relacionadas com o desenvolvimento do jogo em si estão asseguradas. A versão gratuita pode ser usada desde que o jogo não gere receitas superiores a \$100.000¹⁶. Caso esse valor seja atingido, é necessário comprar uma licença permanente no valor de \$1.500 ou uma licença mensal de \$75, por um período mínimo de 12 meses.

¹⁴ NVIDIA PhysX: <http://www.geforce.com/hardware/technology/physx>

¹⁵ Unity Asset Store: <https://www.assetstore.unity3d.com/>

¹⁶ Os valores apresentados estão em dólares e não em euros para evitar erros de conversão devido à constante mudança da taxa de câmbio.

Relativamente aos requisitos do sistema necessários para correr o motor de jogo, o sistema operativo tem de ser o Windows XP Service Pack 2 ou superior ou o Mac OS X 10.8 ou superior, e a placa gráfica tem de ter recursos do DirectX 9.

UDK

O UDK foi criado pela empresa *Epic Games* e tem como base a versão 3 do UE mas, ao contrário do UE 3, é gratuito e tem um pequeno número de funcionalidades a menos. A última versão do UDK foi lançada em fevereiro de 2015 e não está previsto o lançamento de novas versões. De facto, apesar do UDK ter boa documentação e continuar a ter suporte nos fóruns e pela comunidade, a *Epic Games* aconselha que se passe a utilizar a quarta versão do UE.

É um motor de jogo vocacionado principalmente para o desenvolvimento de jogos de tiros em primeira ou terceira pessoa, vulgarmente conhecidos entre a comunidade *gaming* como *First-Person Shooters* (FPS) e *Third-Person Shooters* (TPS), respetivamente. Os jogos desenvolvidos podem ser exportados para múltiplas plataformas das quais se destacam os sistemas operativos *Windows*, *Mac OS*, *iOS* e *Android*.

O editor do UDK oferece um conjunto integrado de ferramentas para a construção de todos os aspetos do jogo. Os programadores podem criar *scripts* para controlar o comportamento dos objetos do jogo através de uma linguagem própria do UDK denominada *UnrealScript*. Além disso, oferece um sistema de *scripting* visual denominado *Kismet*, que, através do uso de nós e de ligações entre eles (à semelhança de um diagrama de fluxo), permite construir a lógica de um jogo sem a necessidade de programar. Tal como no *Unity*, as propriedades dos objetos envolvidos no jogo podem ser modificadas através de caixas de texto e “*checkboxes*”. A funcionalidade de “*drag-and-drop*” também é oferecida e o editor assenta igualmente na premissa WYSIWYG.

Além disso, é suportada a integração com dispositivos externos de entrada de dados, sendo por isso possível o uso do Kinect. Outra das funcionalidades que também é suportada por este motor de jogo é a importação de modelos 3D desenvolvidos em ferramentas externas.

Também neste motor de jogo existe um motor de física embutido (o mesmo que o do *Unity*) e a renderização dos elementos gráficos é feito através do *DirectX* e do *OpenGL*.

O UDK também pode recorrer à loja *online* do UE (*Marketplace*¹⁷), onde se pode fazer *download* de diversos recursos, com categorias iguais ou semelhantes às que existem na *Asset Store* do *Unity*.

Relativamente à licença comercial, o UDK é gratuito, mas apenas para uso não comercial e educativo. Se for usado para apoiar a atividade de uma empresa, ou seja, se não for usado para criar conteúdo para vender a terceiros, terão de ser pagos \$2.500 por instalação por ano. Se for usado para uso comercial, isto é, se for usado para desenvolver um jogo com o intuito de o vender, quando o jogo for lançado terão de ser pagos \$99 pela licença comercial e, caso as receitas ultrapassem \$50.000, terão de se pagar também 25% de *royalties* sobre o valor total das receitas, excluindo os primeiros \$50.000.

Para correr o UDK é necessário que o sistema (computador) tenha, no mínimo, os seguintes requisitos: sistema operativo *Windows XP Service Pack 2* ou superior, processador de 2.0 GHz ou superior, memória RAM de 2 GB ou superior e placa gráfica compatível com a funcionalidade *Shader Model 3.0*.

¹⁷ Unreal Engine Marketplace: <https://www.unrealengine.com/marketplace>

Critérios de comparação

Para comparar as ferramentas apresentadas é necessário definir um conjunto de critérios de comparação acerca das funcionalidades e propriedades necessárias, desejadas e relevantes para o desenvolvimento do jogo proposto. Os critérios de comparação e respetiva justificação são os seguintes:

- **Linguagem de programação** – por se ter em vista a integração do jogo no *PhysioSensing*;
- **Suporte de dispositivos externos de entrada de dados** – por ser necessária a utilização da plataforma de forças e do Kinect;
- **Suporte de modelos externos** – por se ter em vista a implementação de um *design* próprio;
- **Multiplataforma** – por ser importante, caso no futuro se pretenda utilizar outras plataformas ou outros sistemas operativos além de *Windows*;
- **Loja online** – apesar de se ter em vista a implementação de um *design* próprio, tal como foi referido anteriormente, não é algo que vai estar desenvolvido e disponível no início do desenvolvimento do jogo. Assim, é importante haver a possibilidade de importar facilmente modelos previamente feitos, para que o estagiário possa começar a desenvolver o jogo;
- **Licença** – por se tratar do desenvolvimento de um protótipo, é importante que o motor de jogo tenha um custo o mais baixo possível;
- **Documentação/Suporte** – devido à inexperiência do estagiário com motores de jogo, é importante que a documentação e suporte oferecidos sejam extensos e de qualidade;
- **Curva de aprendizagem** – pelo mesmo motivo referido no ponto anterior, é importante que a curva de aprendizagem para a utilização do motor de jogo e das suas funcionalidades seja a menor possível.

Comparação

Como se pôde verificar pelas descrições de cada um dos motores de jogo, são muitas as semelhanças entre eles em termos de funcionalidades e propriedades fornecidas. Relativamente aos critérios anteriormente descritos como importantes para o desenvolvimento do jogo, ambos os motores de jogo suportam dispositivos externos de entrada de dados, a importação de modelos 3D externos e a exportação dos jogos para múltiplas plataformas.

Relativamente aos restantes critérios, a Tabela 4.1 resume a comparação entre o *Unity* e o UDK.

Além disso, importa também referir que apesar do UDK ser principalmente vocacionado para o desenvolvimento de jogos FPS e TPS, também pode ser usado para criar jogos de outros géneros, embora com algum esforço adicional que requer conhecimentos sólidos e avançados de programação e do motor de jogo em si (Silverman, 2012).

Tabela 4.1 - Comparação entre os motores de jogo Unity 5 e UDK

	Linguagem de programação	Documentação /Suporte	Curva de aprendizagem	Loja <i>online</i>	Licença
Unity 5	<i>C#, JavaScript, Boo</i>	Muito boa	Média	Muito boa	Gratuita, \$1.500 ou \$75/mês após receita de \$100.000
UDK	<i>UnrealScript</i>	Boa	Alta	Boa	Gratuita, \$99 + 25% de <i>royalties</i> após os primeiros \$50.000 de receita

Escolha e justificação

Tendo em conta a comparação feita, importa agora escolher o motor de jogo que será usado no presente estágio. Como três dos critérios são igualmente cumpridos nos dois motores de jogo, o que pesa para a escolha são os cinco critérios apresentados na Tabela 4.1.

Uma vez que o *PhysioSensing* está implementado em *C#*, o *Unity* fica logo com alguma vantagem pelo facto de suportar a linguagem, o que pode facilitar o processo de integração do jogo com o *software*.

Relativamente aos critérios que foram definidos pela curva de aprendizagem que os motores de jogo exigem, ou seja, a quantidade, qualidade e abrangência da documentação e suporte, o *Unity* tem mais uma vez vantagem pois a documentação disponibilizada é maior quer em quantidade quer em abrangência de conteúdos. No entanto, como a documentação e o suporte do UDK são também de qualidade, este critério não teve muito peso na tomada de decisão. Quanto à curva de aprendizagem, considerou-se que a do *Unity* seria menor que a do UDK. Este último ponto é corroborado por Wilcox (2014) que refere que, a curva de aprendizagem tanto para o motor de jogo como para as ferramentas oferecidas, é significativamente maior no UE/UDK do que no *Unity*. Este critério teve algum peso devido ao curto espaço de tempo que o estagiário dispõe para aprender a trabalhar com um motor de jogo.

Quanto à loja *online* oferecida por cada um dos motores de jogo, é notório que a do *Unity* disponibiliza uma quantidade de itens muito maior que a do UE¹⁸, sendo por isso uma opção mais viável.

Finalmente, fez-se uma análise relativa à licença de cada um dos motores e, como ambos oferecem uma versão gratuita, este acabou por ser também um critério com pouco peso na tomada de decisão. No entanto, caso o jogo produzido fosse vendido e gerasse receitas superiores a \$100.000, o *Unity* seria o motor de jogo que acartaria menores despesas.

¹⁸ À data de consulta de ambas as lojas *online* (28/11/2015), a do *Unity* oferecia 24206 itens entre os quais 2223 são gratuitos, enquanto a do *Unreal Engine* oferecia apenas 623 entre os quais apenas 20 são gratuitos.

Assim sendo, tendo em conta toda a análise feita até aqui, o motor de jogo escolhido para a implementação do jogo proposto para o presente estágio foi o *Unity*.

Capítulo 5

Protótipo inicial

A criação de um protótipo de jogo surgiu da necessidade de dispor algo concreto ou uma base de trabalho para apresentar a potenciais utilizadores para, dessa forma, ser possível abrir uma discussão de ideias e se fazer algum levantamento de requisitos. Caso se tentasse atingir esse objetivo sem o protótipo de jogo, a discussão de ideias e o levantamento de requisitos seria uma tarefa ambígua, sem foco e complexa, por não existirem linhas orientadoras nem uma ideia já construída por trás.

Este capítulo tem como objetivo apresentar o protótipo desenvolvido assim como o teste que lhe foi feito e principais conclusões que daí surgiram. É também feita uma síntese dos comandos e situações terapêuticas que o jogo a desenvolver pode ter e são apresentadas todas as situações de jogo idealizadas, que na prática podem ser vistas como os requisitos funcionais do projeto. Por fim são apresentados os requisitos do jogo a desenvolver.

Para a criação do primeiro protótipo foi tido em conta todo o conhecimento adquirido acerca da reabilitação e todas as decisões tomadas até ao momento. Tentou-se chegar a uma solução num curto espaço de tempo, para que se pudesse obter feedback por parte de potenciais utilizadores, o mais depressa possível, de forma a verificar se o trabalho que estava a ser desenvolvido estava no caminho certo e para garantir que era algo possível de aplicar à reabilitação.

5.1. Descrição

O protótipo inicial consiste num único nível. É um jogo 3D de frente, em que a personagem de jogo está de costas para o jogador e, por conseguinte, de frente para o cenário. O cenário é um espaço limitado no qual a personagem de jogo vai correr “infinitamente”, movimentando-se para a esquerda e para a direita de forma a recolher alguns objetos e a se desviar de outros. Existem dois objetos no jogo, um positivo (bananas) e um negativo (garrafa). Além disso, existem dois valores em ambos os cantos superiores do jogo: no canto superior esquerdo está o tempo que falta para o jogo terminar (em segundos); no canto superior direito está a pontuação obtida, que é calculada multiplicando o tempo (em segundos) desde o início do jogo por 100. Se a personagem do jogo apanhar um objeto positivo são adicionados 3 segundos ao tempo que falta para o jogo terminar; se pelo contrário apanhar um objeto negativo são retirados 2 segundos.

O controlo do jogo é feito através da plataforma de forças e os movimentos necessários por parte do jogador são apenas a mudança do CP para a esquerda e para a direita e a manutenção do equilíbrio em vários pontos do plano sagital. Esses movimentos são mapeados de forma clara no movimento da personagem de jogo.

5.2. Implementação

Em relação à criação do protótipo, antes de se iniciar o seu desenvolvimento foi necessário ultrapassar a barreira relacionada com a curva de aprendizagem exigida pelo motor de jogo *Unity* e com questões ligadas ao controlo e animação da personagem de jogo.

Relativamente à integração do protótipo com a plataforma de forças, equacionou-se a possibilidade de usar a *Wii Balance Board* como controlo por se pensar que a integração pudesse ser mais simples, o que acabou por não se verificar. Começou-se por tentar utilizar uma aplicação (*Wii Balance Walker*¹⁹) que mapeava o peso exercido na *Wii Balance Board* nas teclas de direção do computador, o que não permitia a existência de posições intermédias no cenário de jogo, limitando assim a personagem de jogo a 3 possíveis posições (tudo para a esquerda, centro e tudo para a direita). Tentou-se depois utilizar uma biblioteca (*WiimoteLib*²⁰) para obter os valores do peso exercido em cada um dos planos da *Wii Balance Board*, o que acabou por não resultar uma vez que a biblioteca era incompatível com o *Unity*. Assim, a ideia de usar a *Wii Balance Board* foi colocada de lado e partiu-se para a integração do protótipo com a plataforma de forças.

Foi criada uma aplicação em WPF (*Windows Presentation Foundation*), adaptada de parte do *software* do *PhysioSensing*, que serve para conectar o computador à plataforma através de uma rede Wi-Fi e para registar o peso do utente. O peso que está a ser aplicado em cada um dos planos da plataforma está constantemente a ser enviado para a aplicação, de forma análoga à descrita na subsecção “Modo de funcionamento” da secção 3.3. Neste ponto deparou-se com um problema relativamente ao modo como iria ser feita a passagem destes valores da aplicação WPF para o *Unity*. A razão pela qual se escolheu utilizar uma aplicação independente para fazer a leitura dos valores deveu-se ao facto do limite temporal para a criação do protótipo. Como tal, optou-se por adaptar a parte do *software* do *PhysioSensing* que fazia essa leitura, em vez de começar algo novo no *Unity*, o que faria com que se tivesse de despender mais tempo. Além disso, como se tem em vista a integração do jogo dentro do *software* do *PhysioSensing*, não seria interessante estar a introduzir este esforço adicional. A passagem de dados entre as duas aplicações é feita através de um ficheiro XML. Assim, a aplicação WPF lê os dados que são enviados pelo *Wigateway*, escreve-os num ficheiro XML e o *Unity* lê os dados a partir desse ficheiro.

Estando a integração quase finalizada, faltou apenas adaptar o código do jogo para que a personagem fosse controlada, não por teclas do teclado mas sim pelos valores contidos no ficheiro XML, que representam o peso que está a ser feito em cada um dos quatro planos da plataforma de forças. Isto é feito através da soma dos valores de peso relativos aos dois planos da esquerda e aos dois planos da direita. Se o valor total do lado direito for maior que o do lado esquerdo, a personagem do jogo movimentar-se-á para a direita; se o valor total do lado esquerdo for maior que o do lado direito, a personagem movimentar-se-á para a esquerda. Além disso, a posição da personagem no cenário de jogo é calculada dividindo o peso exercido no lado em que está o maior peso pelo peso total do utente, registado anteriormente pela aplicação WPF.

Na Figura 5.1 é apresentada uma captura de ecrã do protótipo criado.

¹⁹ *Wii Balance Walker*: <http://www.greycube.com/site/download.php?view.68>

²⁰ *WiimoteLib*: <https://wiimotelib.codeplex.com/>

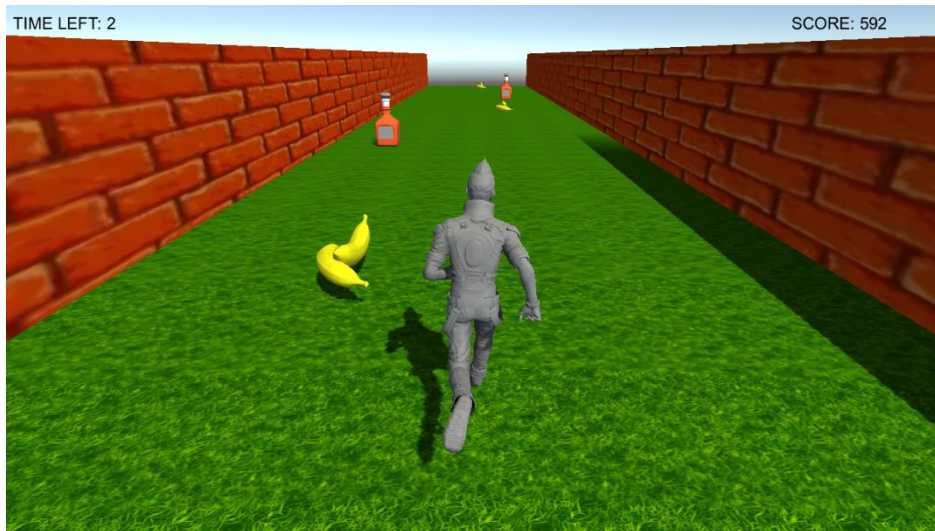


Figura 0.1 - Captura de ecrã do 1º protótipo de jogo

5.3. Teste

Estando o primeiro protótipo finalizado, foi então necessário mostrá-lo a potenciais utilizadores para obter feedback da parte deles e fazer levantamento de requisitos. Para atingir esse objetivo foram selecionados, criteriosamente, dois fisioterapeutas com base nas suas áreas de atuação: enquanto um está mais focado na área de terapia e reabilitação física de idosos, o outro está mais focado na área do desporto no que toca, principalmente, a reabilitação e aumento da performance de atletas. Além disso, o facto de já terem tido contacto anterior quer com tecnologia aliada à fisioterapia, quer com o *PhysioSensing*, foi outro critério tido em conta. Assim sendo, foi feita uma reunião com os dois fisioterapeutas que se disponibilizaram a participar no teste ao protótipo. Foi-lhes apresentado o protótipo de jogo que, inclusivamente, foi testado por eles. Depois disso, seguiu-se uma discussão de ideias muito importante para avaliar a viabilidade do jogo, isto é, avaliar se este jogo tinha aplicação reabilitativa e se os utentes o iriam encarar de forma positiva.

A descrição detalhada das conclusões tiradas da discussão de ideias está presente no Apêndice E e é sumariada nos seguintes pontos:

- O jogo é útil para aplicar na reabilitação de AVC, noutras patologias relacionadas com condições neurológicas, no envelhecimento ativo, na adaptação de indivíduos a próteses nos membros inferiores, entre outras. De uma forma geral, o jogo aplica-se a todos os indivíduos que, por algum motivo, necessitem de fazer exercícios de transferência de carga e equilíbrio. Foi também vista utilidade para atletas no treino da propriocepção do membro inferior (joelho e tornozelo) e no fortalecimento de ligamentos;
- Devem-se introduzir mais controlos/movimentos ao jogo, nomeadamente a mudança do CP no plano ântero-posterior, posição unipedal, agachamentos, manutenção da posição de agachamento e treino de marcha;
- A distinção entre objetos positivos e negativos já é uma boa atividade a nível cognitivo;
- Devem haver desafios ao longo do jogo e níveis diferentes com diferentes níveis de dificuldade, onde se poderiam fazer variar a velocidade, número de desafios, número de obstáculos e número de movimentos requeridos;

- Para os casos neurológicos, o jogo deve focar maioritariamente o treino da amplitude funcional dos movimentos. Para os restantes casos, o jogo deve focar o treino da amplitude total dos movimentos;
- O jogo deve produzir e disponibilizar uma série de parâmetros como *output*, para que estes possam ser avaliados ao longo do tempo de forma a avaliar o sucesso terapêutico do tratamento e a evolução do utente;
- O jogo produzido serve para todas as patologias apresentadas anteriormente, basta definir objetivos ou o tipo de treino que se pretende fazer para cada caso, ou seja, na prática basta adaptar os desafios a cada patologia e a cada utente em particular;
- Os fisioterapeutas devem poder definir objetivos e selecionar parâmetros antes do início do jogo, para o adaptarem da melhor forma possível ao utente;
- O jogo deve fornecer, por exemplo, os seguintes *outputs*: número de movimentos acertados e falhados e tempo que o utente conseguiu estar em equilíbrio. Deve ser possível visualizar esses *outputs* sobre a forma de gráficos temporais e deve ser gerado um relatório clínico com todos os resultados;
- O jogo seria um complemento ao que os fisioterapeutas fazem e não um substituto e seria utilizado principalmente para treino mas também para avaliação;
- Relativamente à duração espetável do jogo e a título de exemplo, numa sessão de fisioterapia de 50 minutos a 1 hora, o jogo seria usado entre 10 a 15 minutos. Esse tempo de jogo terá de ser variável e de ter em conta os diferentes níveis oferecidos, para não se tornar aborrecido para os utentes. A duração do jogo deve ser também um parâmetro a ser definido pelos fisioterapeutas;
- A interface do jogo é importante e deve mudar para criar novos estímulos e não criar monotonia, sendo que o mais importante são os objetivos do jogo e os tipos de movimentos necessários;
- O jogo deve ser imprevisível para o utente para que ele não esteja à espera do desafio que lhe vai surgir de seguida;
- O nível mais difícil do jogo deve trabalhar os diferentes movimentos com mais exigência;
- Os fisioterapeutas devem poder ter o máximo controlo possível sobre a sessão de jogo. Deve, no entanto, haver a possibilidade de iniciar um jogo *standard*.

Esta reunião foi muito importante e produtiva, na medida em que permitiu atingir os objetivos, ou seja, obter feedback da parte dos fisioterapeutas, fazer levantamento de requisitos e avaliar a viabilidade do jogo no contexto da reabilitação.

Como a plataforma de forças não está preparada para detetar agachamentos, o facto de este movimento ter sido requerido vai de encontro à decisão que se tomou acerca da utilização do Kinect em simultâneo com a plataforma, uma vez que com o Kinect é possível detetar agachamentos.

5.4. Comandos, situações terapêuticas e situações de jogo

As conclusões tiradas a partir da reunião de teste ao primeiro protótipo permitiram que fosse elaborada uma melhor definição do jogo, nomeadamente em termos de movimentos requeridos, situações terapêuticas, parâmetros de entrada e parâmetros de saída.

Assim, o controlo do jogo pode ser efetuado através dos seguintes movimentos/comandos:

- Manutenção do CP no centro;
- Mudança do CP sagital;

- Esquerda;
- Direita;
- Mudança do CP ântero-posterior:
 - Frente (acelerar);
 - Trás (travar);
- Agachamentos;
- Posição unipedal:
 - Direita;
 - Esquerda.

Quanto às situações terapêuticas que o jogo pode disponibilizar, são:

- Treino do equilíbrio:
 - No centro;
 - Noutra posição;
- Treino da transferência de carga.

Através desta definição foi feita uma combinação entre os diferentes **comandos** com as diferentes **situações terapêuticas**, idealizando para cada uma das combinações três aspetos:

- **Situações de jogo** que utilizem o comando escolhido e treinem a situação terapêutica escolhida;
- **Variáveis/parâmetros** que podem ser alterados para personalizar a sessão de jogo;
- **Outputs** que podem ser tirados dessa sessão tendo em vista a obtenção de um relatório clínico terapêutico.

Este processo está resumido na Figura 5.2 e o resultado é apresentado na Tabela 5.1.



Figura 0.2 - Processo de definição do jogo

Como se pode verificar, as situações de jogo apresentadas na tabela englobam a maior parte das funcionalidades dos restantes jogos que foram sendo colocados de parte nas secções 4.1. a 4.4., o que corrobora o facto de que a escolha deste tipo de jogo possibilita, efetivamente, a introdução da maior parte das situações e dos benefícios oferecidos pelos outros jogos.

Tabela 5.1 - Situações de jogo

Comando	Situação terapêutica	Situação de jogo	Variáveis/Parâmetros	Outputs
Manutenção do CP no centro	Equilíbrio no centro	- Ponte estreita.	- Largura da ponte; - Comprimento da ponte; - Duração da situação de jogo; - Número de situações de jogo.	- Tempo em equilíbrio; - Número de situações de jogo superadas.
Mudança do CP sagital	Equilíbrio noutra posição	- Objetos positivos ou bónus todos de um lado; - Objetos negativos ou obstáculos todos de um lado.	- Duração da situação de jogo; - Número de situações de jogo; - Número de objetos positivos e negativos, de bónus e de obstáculos.	- Tempo em equilíbrio; - Número de objetos positivos e negativos, de bónus e de obstáculos apanhados.
Mudança do CP sagital	Transferência de carga	- Objetos positivos ou bónus a aparecerem alternadamente à esquerda e à direita; - Objetos negativos ou obstáculos nas mesmas circunstâncias que a anterior; - Alternância rápida entre objetos positivos e negativos do mesmo lado.	- Número de objetos positivos e negativos, de bónus e de obstáculos; - Número de situações de alternância rápida; - Carga necessária para atingir cada um dos limites laterais.	- Número de objetos positivos e negativos, de bónus e de obstáculos apanhados; - Número de situações de alternância superadas.
Mudança do CP ântero-posterior (frente)	Equilíbrio noutra posição	- Piso a cair; - Piso com mais atrito.	- Duração da situação de jogo; - Número de situações de jogo.	- Tempo em equilíbrio; - Número de situações de jogo

Comando	Situação terapêutica	Situação de jogo	Variáveis/Parâmetros	Outputs
				superadas.
Mudança do CP ântero-posterior (trás)	Equilíbrio noutra posição	- Caminho obstruído.	- Duração da situação de jogo; - Número de situações de jogo.	- Tempo em equilíbrio; - Número de situações de jogo superadas.
Agachamento	Equilíbrio no centro	- Túnel estreito e baixo.	- Largura, comprimento e altura do túnel; - Número de situações de jogo.	- Tempo de agachamento em equilíbrio; - Número de situações de jogo superadas.
Agachamento + Mudança do CP sagital	Transferência de carga	- Tronco de uma árvore com algo importante debaixo.	- Altura do tronco; - Número de situações de jogo.	- Número de situações de jogo superadas.
Mudança do CP ântero-posterior	Transferência de carga	- Comboio manual; - Barco a remo.	- Distância do percurso; - Número de movimentos; - Amplitude do movimento.	- Tempo necessário para concluir o percurso.
Agachamento	Equilíbrio no centro	- Comboio manual; - Barco a remo.	- Distância do percurso; - Número de movimentos; - Amplitude do movimento.	- Tempo necessário para concluir o percurso.
Posição unipedal	Equilíbrio noutra posição	- Dois carris, cada um representando um pé, onde irão aparecer obstáculos.	- Distância do percurso; - Número de vezes da situação unipedal para cada pé; - Amplitude do movimento.	- Número de obstáculos ultrapassados para cada pé.

Comparação com produtos concorrentes

Após esta definição, foi feita uma nova comparação entre o jogo que se pretende desenvolver e os produtos concorrentes, no que toca a situações terapêuticas treinadas no jogo. As situações representadas na tabela são aquelas que a equipa do projeto, em conjunto com profissionais de saúde, considerou essenciais para um jogo terapêutico como o que se pretende desenvolver.

De notar que o produto *ValedoMotion* foi excluído desta comparação uma vez que os jogos que oferece têm uma área de atuação distinta, não fazendo sentido incluí-lo na tabela.

O resultado da comparação pode ser visto na Tabela 5.2.

Através da análise da tabela pode-se verificar que a utilização conjunta da plataforma de forças com o Kinect possibilita a conjugação de seis situações terapêuticas diferentes, o que não é atingido por nenhum outro jogo dos restantes produtos. Confirma-se assim que a utilização destes dois dispositivos simultaneamente é um fator distintivo e inovador.

É também possível verificar que o jogo a desenvolver não contempla uma das situações terapêuticas indicadas na tabela – movimentos com os membros superiores. No entanto, optou-se por incluir esta situação na tabela, uma vez que foi considerada essencial para um jogo terapêutico como o que se pretende desenvolver.

Esta situação terapêutica não foi implementada pois foi definido que, para uma primeira versão do jogo, não era prioritária. No entanto, como é usada a Kinect, é uma situação terapêutica que, no futuro, pode ser facilmente incluída no jogo.

Tabela 5.2 – Comparação de situações terapêuticas oferecidas pelos jogos terapêuticos

	Physioplay	Mira	Curapy	SeeMe	Armeo	RM	BioVal	Jogo a desenvolver
<i>Hardware</i>	Plataforma de forças	Kinect	Plataforma de forças	Kinect	Dispositivo específico para os membros superiores	Plataforma de forças	Dispositivo específico para os membros superiores	Plataforma de forças + Kinect
Manutenção do equilíbrio sagital	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✓
Manutenção do equilíbrio ântero-posterior	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✓
Transferência de carga no plano sagital	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✓
Transferência de carga no plano ântero-posterior	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✓
Agachamentos	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✓
Posição unipedal	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
Movimentos com os membros superiores	✗	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✗

5.5. Requisitos do jogo

Através das ideias iniciais da equipa do projeto e do feedback recolhido no teste ao protótipo inicial, foi possível definir um conjunto de requisitos que o jogo a desenvolver deve cumprir. Esta subsecção tem como objetivo apresentá-los e priorizá-los.

A priorização de requisitos advém da necessidade de identificar aqueles que são mais importantes e mais críticos para não comprometer o sucesso do trabalho desenvolvido e do resultado final alcançado. Os requisitos foram priorizados segundo o método de MoSCoW, que permite priorizá-los de acordo com as seguintes categorias:

- **Must-Have** – o requisito é crítico para o sucesso do projeto;
- **Should-Have** – o requisito é importante mas não é estritamente necessário implementá-lo já;
- **Could-Have** – o requisito é desejável mas não é necessário para o sucesso do projeto;
- **Won't-Have** – o requisito é dispensável para a fase em que se encontra o projeto, pelo que não é necessário ser implementado.

Além das categorias de priorização, os requisitos foram divididos em três grupos:

- **Situações terapêuticas (ST)** – dizem respeito às situações terapêuticas que podem ser treinadas no jogo;
- **Parâmetros de personalização (PP)** – dizem respeito aos parâmetros que os profissionais de saúde podem personalizar para adaptar a sessão o melhor possível a cada utente;
- **Relatório clínico (RC)** – dizem respeito ao conteúdo que o relatório clínico deve conter.

Os requisitos foram definidos para cada uma das categorias e para cada um dos grupos através de *User Stories* que se encontram detalhadas no Apêndice F. As *User Stories* foram inicialmente definidas no início do 2º semestre mas durante o decorrer do semestre houve a necessidade de os voltar a priorizar para que o trabalho se focasse nas funcionalidades indispensáveis.

As *User Stories* foram criadas com a seguinte estrutura:

- **Identificador (ID) da User Story** – US-[Grupo]-#;
- **Descrição-tipo** – Como [papel do utilizador] pretendo [objetivo] de forma a [razão];
- **Critério de aceitação** – o utilizador tem de ser capaz de [ação que descreve a funcionalidade].

Apesar de as *User Stories* se encontrarem detalhadas no Apêndice F, de seguida são apresentadas algumas das principais funcionalidades do jogo de forma muito resumida e agrupadas nos três grupos identificados anteriormente.

Situações terapêuticas

- O jogo deve disponibilizar as seguintes situações terapêuticas:
 - Manutenção do equilíbrio à esquerda;
 - Manutenção do equilíbrio no centro;
 - Manutenção do equilíbrio à direita;
 - Alternância do CP no plano sagital;
 - Manutenção do equilíbrio posterior;

- Agachamento;
- Posição unipedal esquerda;
- Posição unipedal direita.

Parâmetros de personalização

- O profissional de saúde deve ser capaz de personalizar os seguintes parâmetros de esforço:
 - Velocidade de jogo;
 - Transferência de carga máxima à esquerda;
 - Transferência de carga máxima à direita;
 - Transferência de carga máxima a trás;
 - Ângulo de agachamento;
- O profissional de saúde deve ser capaz de escolher as situações terapêuticas que farão parte da sessão de jogo;
- O profissional de saúde deve ser capaz de personalizar o número de repetições e a duração das situações terapêuticas que farão parte da sessão de jogo.

Relatório clínico

- O profissional de saúde deve ser capaz de gerar um relatório clínico relativo à sessão de jogo
- O relatório clínico deve conter:
 - A data da sessão e informações sobre o utente;
 - As configurações definidas para os parâmetros de esforço;
 - O resumo da duração da sessão de jogo e de cada situação terapêutica que nela apareceu;
 - O resultado alcançado para cada situação de jogo que apareceu na sessão de jogo;
 - Os resultados globais da sessão de jogo;
 - Um gráfico que represente o deslocamento do utente no plano sagital ao longo da sessão de jogo;
 - A pontuação obtida na sessão de jogo;
 - Recomendações;
 - Informações do profissional de saúde que guiou a sessão.

Capítulo 6

Balance Rehabilitation Therapy (BART)

Tendo em conta o protótipo apresentado no capítulo anterior, o feedback recebido pelos dois fisioterapeutas e a definição dos requisitos do jogo, foi então desenvolvido o jogo terapêutico nomeado “Balance Rehabilitation Therapy” (BART).

A tabela 6.1 apresenta uma comparação entre o protótipo apresentado em fevereiro de 2016 e o estado atual do jogo terapêutico BART, onde é possível verificar a evolução que houve de um para o outro, quer em termos de funcionalidades, quer em termos de contacto com possíveis utilizadores.

Tabela 6.1 - Comparação entre o protótipo e o BART

	Protótipo (fevereiro de 2016)	BART (junho de 2016)
Ambiente de jogo	✓	✓
Situações terapêuticas	0	8
Menus de jogo	✗	✓
Personalização	✗	✓
Relatório clínico	✗	✓
Pontuação com significado	✗	✓
Feedback de profissionais de saúde	2	6
Feedback de <i>game developers</i>	0	4
Apresentação pública	✗	✓
Feedback do público em geral	0	29

Tal como foi apresentado no capítulo anterior, o protótipo continha apenas o ambiente-tipo do jogo, isto é, um ambiente 3D em que a personagem de jogo pode correr e movimentar-se para a esquerda e para a direita dentro dos limites do campo de jogo. O BART contém o mesmo ambiente-tipo mas sofreu uma grande evolução. No protótipo existia apenas um trecho de campo de jogo, parado, onde surgiam aleatoriamente no espaço e no tempo elementos positivos e negativos que a personagem de jogo tinha de apanhar ou se desviar, respetivamente. Já no BART existem 18 trechos de campo de jogo que vão surgindo ao longo do horizonte e movimentando-se em direção à personagem de jogo, sendo que os elementos positivos e negativos não aparecem de forma (totalmente) aleatória nem no tempo nem no espaço. Em vez disso, o campo de jogo surge sempre associado a uma situação terapêutica em particular.

No protótipo não existia a definição concreta de nenhuma situação terapêutica em particular, enquanto no BART foram criadas oito situações terapêuticas, indicadas pelos fisioterapeutas que testaram o protótipo, todas elas com o objetivo bem definido de representar exercícios iguais ou semelhantes aos que são realizados em sessões de terapia e reabilitação física. Posteriormente neste capítulo serão descritas as oito situações de jogo criadas para cada uma das situações terapêuticas.

O protótipo não oferecia mais funcionalidades além das que já foram apresentadas. Mediante os requisitos definidos anteriormente, o BART contém menus para controlar o fluxo do jogo, a hipótese de personalizar toda a sessão de jogo, um relatório clínico produzido no final da sessão e uma pontuação com significado terapêutico. Além disso, recebeu feedback de um maior número de potenciais utilizadores, quer profissionais de saúde, quer utentes, e de *game developers*.

O BART consiste em controlar a personagem de jogo que corre “infinitamente” num caminho limitado por barreiras, tendo de se movimentar para a esquerda e para a direita para apanhar moedas e desviar-se de obstáculos, parar de correr para deixar passar um barco, levantar uma perna para não tropeçar em obstáculos e agachar-se para não bater em obstáculos. Os movimentos que o utente tem de realizar para controlar a personagem de jogo estão diretamente relacionados com as situações terapêuticas que podem ser treinadas no jogo, que são apresentadas e descritas mais à frente.

O controlo do jogo é feito através da plataforma de forças e do Kinect.

6.1. Modos de jogo

Existem dois modos de jogo: “Jogar já” e “Personalizar”. O primeiro modo de jogo existe para ser possível iniciar um jogo o mais rapidamente possível, sem a necessidade de configurar parâmetros e situações de jogo, enquanto o segundo permite fazer essa configuração.

No modo de jogo “Jogar já”, as situações de jogo vão surgindo aleatoriamente, contendo sempre entre elas uma ou mais situações neutras onde não existem situações de jogo. Este modo de jogo não é completamente aleatório uma vez que tem de obedecer a certas regras e probabilidades previamente definidas no desenvolvimento do jogo. Além disso, o jogo só termina quando o utente ou o profissional de saúde o queiram terminar.

Por outro lado, no modo de jogo “Personalizar”, só aparecem as situações de jogo que o profissional de saúde definir e o jogo termina quando todas essas situações ocorrerem.

6.2. Situações terapêuticas

O jogo permite treinar as seguintes situações terapêuticas:

- Manutenção do equilíbrio à esquerda, no centro e à direita;
- Alternância do CP entre esquerda e direita;
- Manutenção do equilíbrio posterior;
- Agachamentos;
- Posição unipedal esquerda e direita.

A cada situação terapêutica corresponde uma situação de jogo diferente. Foi mapeado da melhor forma possível os movimentos realizados pelo utente com os movimentos que a personagem do jogo faz. Importa salientar que os movimentos realizados pelo utente têm significado terapêutico.

Relativamente ao *hardware* utilizado para controlar o jogo, o Kinect é utilizado apenas para a situação de jogo referente aos agachamentos e a plataforma de forças é utilizada para as restantes.

De seguida são apresentadas as situações de jogo utilizadas para cada situação terapêutica, assim como os movimentos que o utente tem de realizar para a superar.

Manutenção do equilíbrio à esquerda

Para esta situação terapêutica existem duas situações de jogo possíveis: um conjunto de moedas (Figura 6.1) ou uma ponte (Figura 6.2) do lado esquerdo do campo de jogo. A personagem de jogo deve apanhar as moedas ou atravessar a ponte, conforme a situação de jogo que surgir. Para superar este exercício, o utente deve transferir carga para o seu membro inferior esquerdo e manter-se em equilíbrio nessa posição.

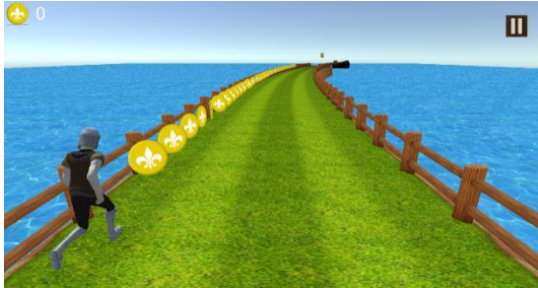


Figura 0.1 - Situação de jogo da manutenção do equilíbrio à esquerda (moedas)



Figura 0.2 - Situação de jogo da manutenção do equilíbrio à esquerda (ponte)

Manutenção do equilíbrio no centro

De forma análoga à situação terapêutica anterior, também nesta existem duas situações de jogo possíveis: um conjunto de moedas (Figura 6.3) ou uma ponte (Figura 6.4) ao centro do campo de jogo. A personagem de jogo deve apanhar as moedas ou atravessar a ponte, conforme a situação de jogo que surgir. Para superar este exercício, o utente deve estar a transferir a carga nos membros inferiores igualmente e manter-se em equilíbrio nessa posição.



Figura 0.3 - Situação de jogo da manutenção do equilíbrio no centro (moedas)

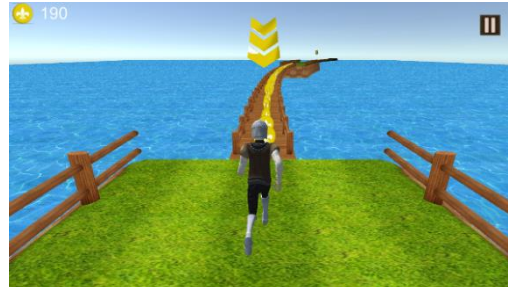


Figura 0.4 - Situação de jogo da manutenção do equilíbrio no centro (ponte)

Manutenção do equilíbrio à direita

Tal como as duas situações terapêuticas anteriores, também nesta existem duas situações de jogo possíveis: um conjunto de moedas (Figura 6.5) ou uma ponte (Figura 6.6) do lado direito do campo de jogo. A personagem de jogo deve apanhar as moedas ou atravessar a ponte, conforme a situação de jogo que surgir. Para superar este exercício, o utente deve transferir carga para o seu membro inferior esquerdo e manter-se em equilíbrio nessa posição.

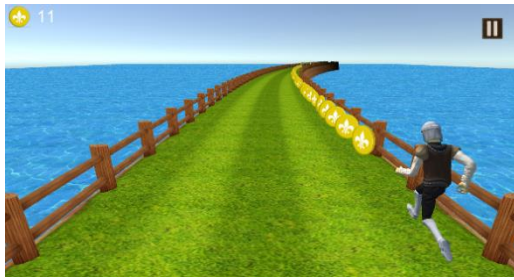


Figura 0.5 - Situação de jogo da manutenção do equilíbrio à direita (moedas)

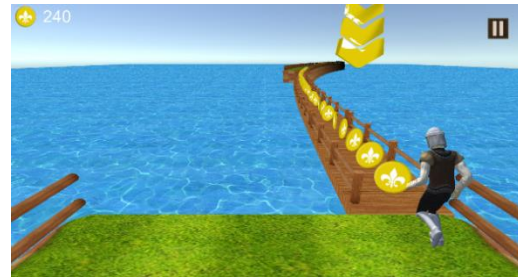


Figura 0.6 - Situação de jogo da manutenção do equilíbrio à direita (ponte)

Alternância do CP entre esquerda e direita

Nesta situação de jogo aparecem obstáculos alternadamente à esquerda e à direita e moedas nas mesmas circunstâncias mas do lado oposto do obstáculo, para que a personagem de jogo se desvie dos obstáculos e apanhe as moedas. Para isso, o utente tem de ir alternando a transferência de carga entre o membro inferior esquerdo e o membro inferior direito. A Figura 6.7 ilustra a situação de jogo.

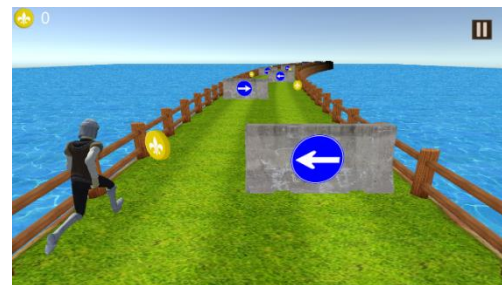


Figura 0.7 - Situação de jogo da alternância do CP entre esquerda e direita

Manutenção do equilíbrio posterior

Para esta situação terapêutica existe uma situação de jogo que consiste numa ponte levadiça que está inicialmente aberta para um barco passar. Aliado a isso existe uma zona (a cinzento) onde a personagem de jogo deve parar de correr até que o barco passe, a ponte feche e a cancela abra. Para superar este exercício o utente tem de transferir carga para a parte posterior dos membros inferiores (calcanhares) e manter o equilíbrio nessa posição durante um determinado período de tempo, que vai sendo decrementado como se de um semáforo se tratasse. Ao fim da contagem, o utente já pode sair dessa posição para que a personagem de jogo volte a correr. A Figura 6.8 ilustra a situação de jogo.



Figura 0.8 - Situação de jogo da manutenção do equilíbrio posterior

Agachamentos

A situação de jogo associada a esta situação terapêutica consiste num conjunto obstáculos (pórticos) que requerem que a personagem de jogo se baixe para não colidir com eles. Para controlar esse movimento da personagem de jogo, o utente deve efetuar um agachamento e manter-se nessa posição até que todos os obstáculos tenham sido ultrapassados. A Figura 6.9 ilustra a situação de jogo.



Figura 0.9 - Situação de jogo do agachamento

Posição unipedal esquerda

Para esta situação terapêutica, a situação de jogo correspondente consiste num conjunto de obstáculos (bancos) que aparecem mais à esquerda no campo de jogo (Figura 6.10) e requerem que a personagem de jogo corra em posição unipedal com o membro inferior esquerdo levantado. Para isso o utente tem de levantar o membro inferior esquerdo de forma a ficar em posição unipedal.



Figura 0.10 - Situação de jogo da posição unipedal esquerda

Posição unipedal direita

A situação de jogo correspondente a esta situação terapêutica é semelhante à situação de jogo anterior mas os obstáculos aparecem mais à direita (Figura 6.11). O utente tem de levantar o membro inferior direito para ficar em posição unipedal.



Figura 0.11 - Situação de jogo da posição unipedal direita

6.3. Menus/Ecrãs de jogo

Nesta subsecção serão apresentados os principais menus/ecrãs de jogo.

Ecrã inicial

No ecrã inicial do jogo (Figura 6.12) é apresentado o logótipo do jogo e dois botões que permitem escolher entre os dois modos de jogo disponíveis.

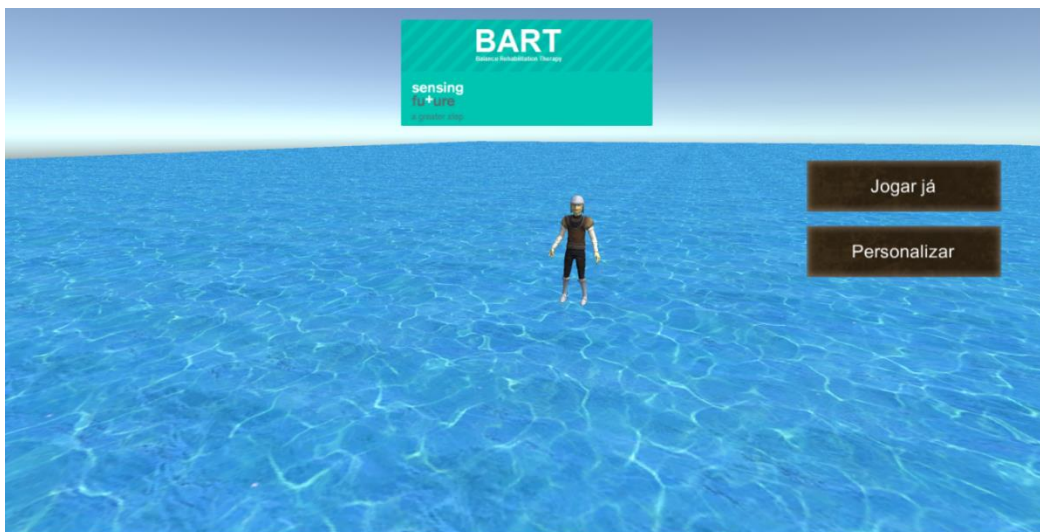


Figura 0.12 - Ecrã inicial do jogo

Menu de personalização

Para que os profissionais de saúde possam controlar o fluxo do jogo e personalizar a sessão de jogo, foram criados todos os menus/ecrãs necessários para que isso pudesse acontecer. Na figura 6.13 é apresentado um dos mais importantes, se não o mais importante, ecrã do jogo: o menu de personalização da sessão de jogo.

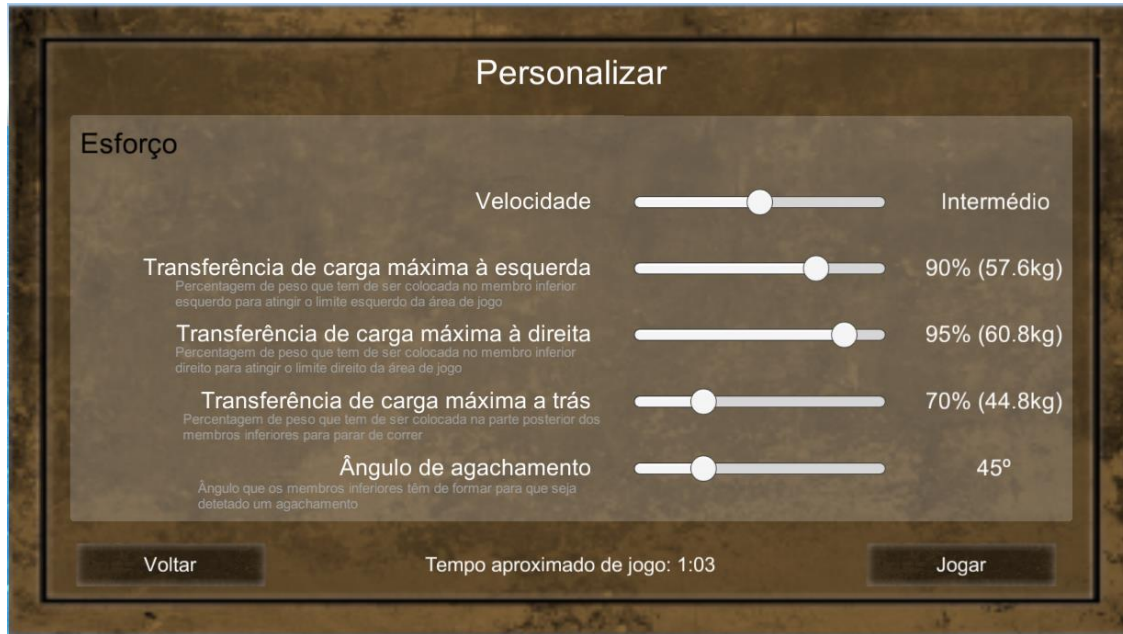


Figura 0.13 - Ecrã do menu de personalização

Este menu está dividido em duas partes principais: a personalização do esforço necessário para jogar o jogo e a personalização das situações de jogo que se pretende treinar. Como este menu é extenso, não é possível apresentar ambas as partes numa única figura, pelo que a personalização do esforço pode ser vista na figura 6.13 e a personalização das situações de jogo na figura 6.14.

Na personalização do esforço, pode-se personalizar:

- **Velocidade de jogo** – velocidade a que o jogo vai decorrer. Pode ter cinco valores: muito lento, lento, intermédio, rápido e muito rápido. No caso deste jogo em particular, a velocidade de jogo representa o número de unidades na cena do *Unity* que vão ser percorridas por segundo. As velocidades referidas anteriormente correspondem, respetivamente, a 5, 10, 15, 20 e 25 unidades por segundo;
- **Transferência de carga máxima à esquerda** – percentagem de peso, relativamente ao peso total do utente, que tem de ser colocado no membro inferior esquerdo para que a personagem de jogo atinja o limite esquerdo da área de jogo;
- **Transferência de carga máxima à direita** – percentagem de peso, relativamente ao peso total do utente, que tem de ser colocado no membro inferior direito para que a personagem de jogo atinja o limite direito da área de jogo;
- **Transferência de carga máxima a trás** – percentagem de peso, relativamente ao peso total do utente, que tem de ser colocado na parte posterior dos membros inferiores (calcanhares) para que a personagem de jogo pare de correr;
- **Ângulo de agachamento** – ângulo que o utente tem de realizar com os membros inferiores para que seja detetado um agachamento.

De referir que estes parâmetros de personalização foram definidos através de contactos que se foram estabelecendo com possíveis utilizadores finais, nomeadamente profissionais de saúde. A possibilidade de combinar cinco parâmetros diferentes é uma mais-valia para adaptar a sessão de jogo o melhor possível ao utente e às suas capacidades e limitações.

Relativamente à personalização das situações de jogo, existem *checkboxes* em cada uma delas, que podem ser ativadas ou desativadas conforme o que o profissional de saúde pretender treinar, ou seja, só irão aparecer no jogo as situações de jogo que tiverem a respetiva *checkbox* ativa. Além disso, cada situação de jogo tem ainda dois parâmetros que podem ser personalizados: número de repetições e duração em segundos. O número de repetições representa o número de vezes que a situação de jogo se vai repetir durante o jogo, a duração representa o tempo em segundos que a situação de jogo vai durar. Na figura 6.14 é apresentado um exemplo de personalização das situações terapêuticas, levando o jogo a ser constituído por:

- Uma repetição da situação de jogo “manutenção do equilíbrio à esquerda” durante 5 segundos;
- Uma repetição da situação de jogo “manutenção do equilíbrio ao centro” durante 10 segundos;
- Uma repetição da situação de jogo “manutenção do equilíbrio posterior” durante 5 segundos;
- Duas repetições da situação de jogo “agachamentos” durante 10 segundos.

Figura 0.14 - Exemplo de personalização das situações terapêuticas

Na parte inferior deste menu (ver figura 6.13) pode ser vista a duração aproximada do jogo. Enquanto se está a personalizar a sessão de jogo, é possível verificar que o tempo aproximado de jogo é atualizado automaticamente. No exemplo dado, estas configurações levam a que o jogo demore, aproximadamente, 1 minuto e 3 segundos.

Ecrã de jogo

O ecrã de jogo (Figura 6.15) apresenta, além do jogo propriamente dito, a contagem do número de moedas apanhadas no canto superior esquerdo e um botão para o menu de pausa no canto superior direito.



Figura 0.15 - Ecrã de jogo

Menu de pausa

O menu de pausa (Figura 6.16) contém apenas dois botões: um para continuar o jogo e outro para regressar ao ecrã inicial de jogo.



Figura 0.16 - Menu de pausa

Menu de fim de jogo

O menu de fim de jogo (Figura 6.17) apresenta a pontuação obtida no jogo e dois botões: um para gerar o relatório clínico relativo à sessão de jogo e outro para voltar ao ecrã inicial de jogo.



Figura 0.17 - Menu de fim de jogo

6.4. Relatório clínico

Um dos requisitos identificados logo no início do projeto é a criação de um relatório clínico com base na sessão de jogo que o utente jogou.

Na figura 6.18 está representado o diagrama de atividades para a atividade “Gerar relatório clínico”.

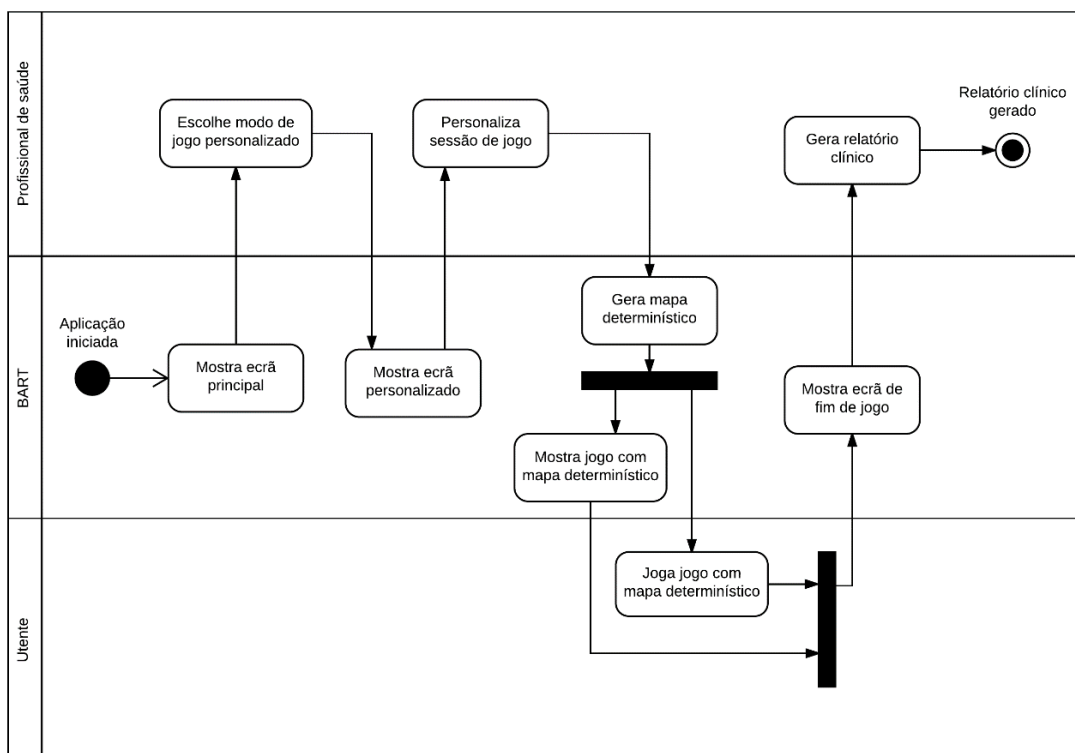


Figura 0.18 - Diagrama de atividades para a atividade "Gerar relatório clínico"

Estrutura

O relatório clínico está dividido em 11 seções:

- Data – data da realização da sessão;
- Informação do utente – nome do utente;
- Esforço – valores definidos para as variáveis de personalização do esforço;
- Resumo – indicação das situações de jogo que fizeram parte da sessão de jogo, assim como o tempo e percentagem de tempo passado em cada uma delas;
- Situações terapêuticas – indicação numérica e percentual do objetivo a alcançar e do que realmente foi alcançado para cada uma das situações de jogo que fizeram parte da sessão;
- Resultados globais – tabela com a taxa de sucesso e esquema de cores indicativo do resultado para cada uma das situações de jogo que fizeram parte da sessão;
- Deslocamento – gráfico representativo da força exercida pelo utente no plano sagital ao longo do jogo;
- Pontuação final – pontuação obtida na sessão de jogo;
- Recomendações – recomendações automáticas com base na pontuação final e nos resultados globais;
- Profissional de saúde – informações sobre o profissional de saúde que guiou a sessão.

A taxa de sucesso de cada situação de jogo é calculada através da divisão entre o alcançado e o objetivo. O esquema de cores foi delineado de acordo com as indicações dos profissionais de saúde consultados ao longo do desenvolvimento do projeto:

- Vermelho: taxa de sucesso entre 0% e 60%;
- Amarelo: taxa de sucesso entre 60% e 85%;
- Verde: taxa de sucesso entre 85% e 100%.

Apesar dos intervalos apresentados para cada uma das cores terem sido definidos de acordo com as indicações dos profissionais de saúde, ainda não existe uma base científica que suporte esta decisão, uma vez que não existem escalas ou valores padrão para poder avaliar o equilíbrio de um indivíduo. Para tentar verificar e/ou melhorar a validade dos intervalos definidos para cada cor teria de ser feito um estudo ao longo de vários meses juntamente com utentes e com profissionais de saúde.

No gráfico do deslocamento esquerda-direita o eixo das abcissas representa o tempo em segundos e o eixo das ordenadas representa a diferença de peso em quilogramas exercida na plataforma de forças. O eixo positivo significa que o peso exercido nos dois quadrantes do lado esquerdo da plataforma é superior ao peso exercido nos dois quadrantes do lado direito da plataforma e o eixo negativo significa o oposto. Quando os valores do gráfico têm a ordenada nula, significa que o peso exercido no lado direito da plataforma é igual ao peso exercido no lado esquerdo da plataforma.

Relativamente à pontuação final, pretendeu-se que este fosse um *output* que marcasse claramente a diferença em relação aos produtos concorrentes. A situação mais comum é fornecer uma pontuação sem qualquer significado terapêutico como, por exemplo, o número de moedas apanhadas durante o jogo. Por esse motivo, quis-se definir uma pontuação que tivesse em conta os exercícios terapêuticos realizados na sessão de jogo, para que o valor da pontuação tivesse significado terapêutico e pudesse ser um parâmetro de comparação de sessões mais significativo.

Assim, a pontuação final é calculada através da seguinte equação:

$$Pontuação\ final = \sum_{i=0}^n \frac{Taxa\ de\ sucesso_i * Tempo\ de\ jogo_i}{Tempo\ de\ jogo\ total}$$

Ou seja, é dada pelo somatório da divisão entre a multiplicação da taxa de sucesso de cada situação de jogo i pelo tempo de jogo dessa situação de jogo e o tempo de jogo total. É tido em conta o tempo de jogo de cada situação para considerar diferentes pesos para cada uma delas, mediante a sua duração.

As recomendações são automáticas e são estabelecidas em função da pontuação final e da taxa de sucesso de cada situação de jogo. No entanto, as recomendações não foram especificadas uma vez que estavam dependentes da realização de testes em ambiente clínico que, como foi referido neste documento, não foram possíveis de realizar.

No Apêndice G pode ser consultado um exemplo de um relatório clínico gerado após uma sessão de jogo com uma repetição de cada situação de jogo com a duração de 5 segundos.

Capítulo 7

Implementação e arquitetura

O objetivo desta seção é especificar a implementação e arquitetura da solução proposta.

7.1. Interações entre utilizadores, dispositivos de input e aplicações

A solução é composta por duas aplicações: *PhysioSensing* e BART. O *PhysioSensing* é o *software* já existente apresentado em 3.3. e o BART é o jogo terapêutico desenvolvido no presente trabalho de mestrado.

A solução é composta pelos utilizadores, dispositivos de *input* e pelas duas aplicações referidas anteriormente. As interações que ocorrem entre eles são descritas de seguida.

Existem dois tipos de utilizadores: utentes e profissionais de saúde. Os utentes são os indivíduos que recorrem a sessões de terapia e reabilitação física, os profissionais de saúde são os indivíduos que guiam essas sessões. Estes utilizadores podem interagir com três dispositivos de *input*: plataforma de forças, Kinect e computador. A figura 7.1 representa a interação entre os utilizadores e os dispositivos de *input*.

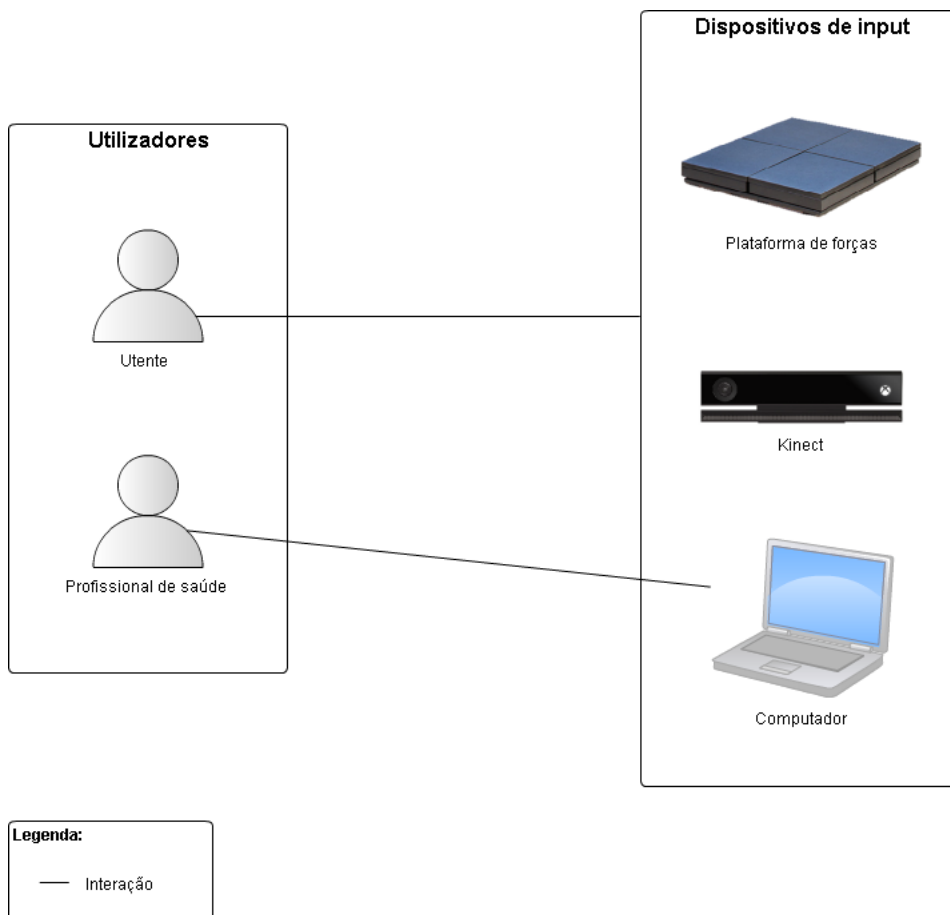


Figura 0.1 - Interação entre utilizadores e dispositivos de input

O utente interage com os três dispositivos de *input*: vê o jogo no ecrã do computador e controla-o através da plataforma de forças e do Kinect. O profissional de saúde interage apenas com o computador.

A figura 7.2 representa a interação entre os dispositivos de *input*.

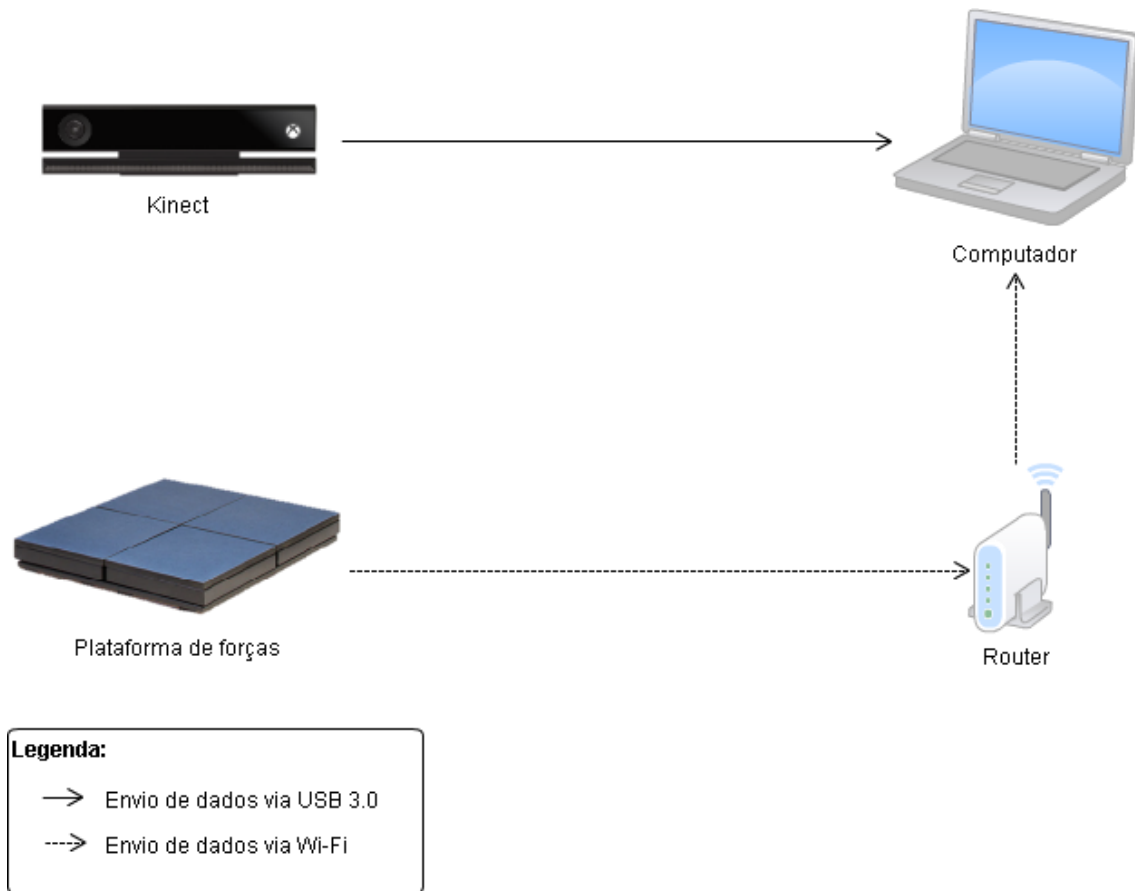


Figura 0.2 - Interação entre dispositivos de input

O Kinect é ligado ao computador e envia os dados que recolhe do sensor através de um conector USB 3.0. Para a comunicação entre a plataforma de forças e o computador, existe um *router* que cria e gere uma rede Wi-Fi, à qual ambos se ligam. É através dessa rede que a plataforma de forças envia os dados para o computador.

O diagrama de contexto (Brown, 2015) apresentado na Figura 7.3 ilustra a interação entre os utilizadores e as duas aplicações.

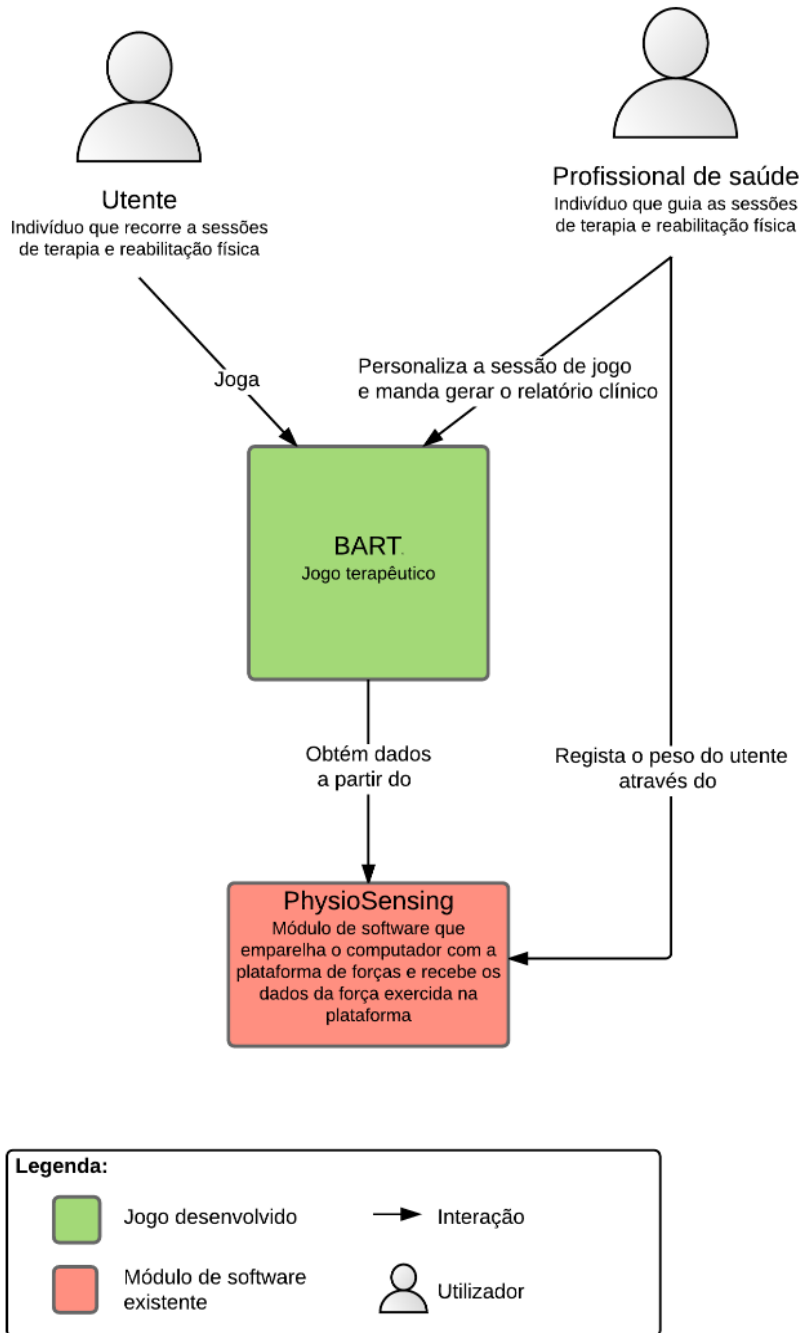


Figura 0.3 - Interação entre os utilizadores e as aplicações

7.2. Passagem de dados entre aplicações

O *PhysioSensing* tem um módulo (*Emparelhar Módulos*) que serve para emparelhar a plataforma de forças com a aplicação. Este módulo foi adaptado para outro projeto, a partir do qual se gerou uma aplicação contendo apenas o módulo, uma vez que para esta solução só era necessário utilizar este módulo e não o *software* completo.

Quando se executa a aplicação ela procura o endereço IP da plataforma de forças na rede criada pelo *router*. Quando encontra, é feito o emparelhamento entre a aplicação e a plataforma. A partir desse momento, a plataforma está constantemente a enviar a informação da força exercida em cada um dos seus 4 quadrantes para a aplicação, conforme descrito em

3.3. Quando a aplicação recebe esses dados, escreve-os num ficheiro XML. Por último, o BART tem uma classe que lê a informação de força contida no ficheiro XML. A figura 7.4 esquematiza o processo da passagem de dados da plataforma de forças para o BART, passando pela referida aplicação.

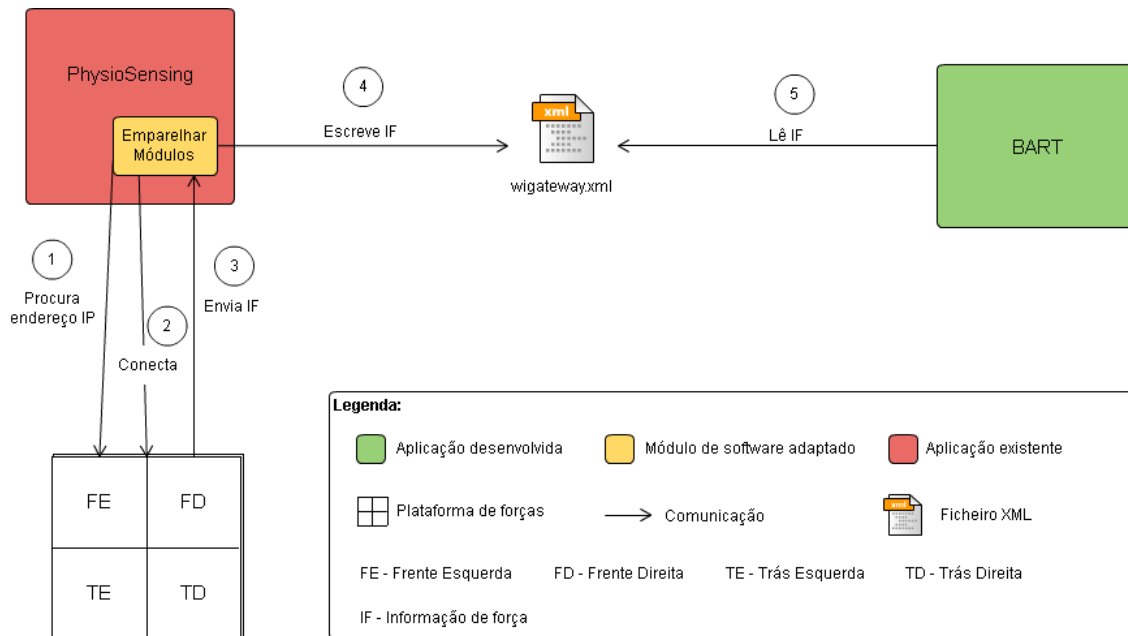


Figura 0.4 - Processo de passagem de dados da plataforma de forças para o BART

A estrutura do ficheiro XML é simples, contendo apenas um atributo onde é guardado o peso do utente e quatro nós, cada um deles representando um dos quadrantes da plataforma de forças. FE, FD, TE e TD representam, respetivamente, o quadrante da frente do lado esquerdo, o quadrante da frente do lado direito, o quadrante de trás do lado esquerdo e o quadrante de trás do lado direito. Na figura 7.5 é apresentado um exemplo do ficheiro XML onde é possível verificar a sua estrutura.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<ListWiGateWay Peso="64">
  <WiGateWay>
    <FE>17,2</FE>
    <FD>17,6</FD>
    <TE>14,1</TE>
    <TD>15,1</TD>
  </WiGateWay>
</ListWiGateWay>
```

Figura 0.5 – Exemplo do ficheiro XML

7.3. Arquitetura e conceitos do Unity

Antes da descrição da implementação do jogo, será apresentado o padrão arquitetural seguido pelo *Unity* assim como alguns conceitos básicos do motor de jogo.

7.3.1. A arquitetura entidade-componente

O *Unity*, tal como a maioria das ferramentas de desenvolvimento de jogos, usa maioritariamente uma abordagem baseada em componentes, semelhante ao modelo entidade-componente-sistema (ECS). Neste modelo, as entidades são constituídas por um ou mais componentes, os componentes são responsáveis por guardar dados e o sistema é responsável pela lógica do jogo. No entanto, o *Unity* não segue totalmente este modelo, uma vez que tanto os dados como a lógica do jogo são da responsabilidade dos componentes. O conceito de sistema no *Unity* é totalmente diferente, sendo algo que está predefinido no motor de jogo e que não permite a extensão da sua funcionalidade.

O *design* baseado em componentes traz algumas vantagens: cada componente tem a sua função específica, é focado em pequenas responsabilidades e é desacoplado de outros componentes para que possa ser reutilizado independentemente em várias entidades.

Pode-se dizer que os componentes em vez de especializarem o comportamento de uma entidade verticalmente (normalmente especializando classes através de polimorfismo), permitem expandir o comportamento de uma entidade horizontalmente, uma vez que a abordagem entidade-componente incita os *game developers* a favorecerem a composição sobre herança, o que faz com que as classes e as suas hierarquias se mantenham pequenas e com pouca tendência para crescer, e ajuda a manter as classes encapsuladas e focadas numa tarefa (Gamma et al., 1995). Outra das grandes vantagens de uma abordagem entidade-componente é o facto de a composição surgir naturalmente, sem nenhum esforço adicional. Quanto mais pequeno for o componente, mais fácil será reutilizá-lo. Por esse motivo, ao dar a cada componente uma responsabilidade única, está-se a promover a modularidade.

No *Unity*, as entidades são os objetos de jogo (*game objects*) e cada objeto de jogo tem associado um ou mais componentes que adicionam um determinado comportamento ou funcionalidade aos objetos de jogo.

7.3.2. Conceitos básicos

No *Unity*, um projeto tem de ter pelo menos uma cena (*scene*), que contém objetos que podem interagir entre si. Cada objeto presente na cena é um *game object*.

Game Objects

Os *game objects* são os elementos fundamentais de uma cena mas não fazem nada por si só, precisando por isso de ter certas propriedades que lhes irão fornecer funcionalidade. Na prática os *game objects* são *containers* nos quais se podem inserir componentes. Dependendo do tipo de objeto que se queira criar, podem ser adicionadas diferentes combinações de componentes. Por defeito, cada *game object* apresenta sempre um componente do tipo *Transform* associado a si, que representa a posição, orientação e escala do *game object* no mundo de jogo.

Componentes

Os componentes são as peças fundamentais de cada *game object* e são o que lhes fornece funcionalidade. Existem vários tipos de componentes, cada um com o seu objetivo. De seguida são descritos dois componentes muito importantes que vão ser mencionados várias vezes ao longo deste capítulo, o *rigidbody* e o *collider*.

Estes dois componentes são essenciais para, entre outras coisas, a deteção de colisões e a aplicação das leis da física, e são brevemente descritos da seguinte forma:

- *Rigidbody*: permite que o *game object* e o seu movimento sejam afetados pelas leis da física. Um *rigid body* pode ser alvo de forças e torções para que o objeto ao qual está

associado se possa mover de forma realista. Qualquer *game object* tem de conter um *rigid body* para ser influenciado pela gravidade, agir sob forças adicionadas através de scripts ou interagir fisicamente com outros *game objects*.

- *Collider*: define a forma de um objeto para fins de colisões físicas. Deve ser adicionado em conjunto com um *rigid body* para permitir que ocorram e sejam detetadas colisões. Um *collider* pode ser de diferentes tipos/formas: *box collider* (retangular), *capsule collider* (cilíndrica), etc.

Ao longo do capítulo serão explicados outros componentes conforme seja descrita a sua utilização.

Scripts

Além das funcionalidades que os componentes disponibilizados pelo *Unity* permitem adicionar aos *game objects*, é sempre necessário adicionar-lhes algum grau de personalização, o que pode ser alcançado através da criação de *scripts*.

Os *scripts* são também componentes que podem ser adicionados aos *game objects* e servem para lhes conferir um comportamento personalizado.

No *Unity*, os *scripts* são classes que derivam todas da classe *MonoBehaviour*, que disponibiliza um conjunto de funções que são chamadas em determinada altura da execução do jogo ou em resposta a certos eventos. Algumas dessas funções encontram-se descritas na tabela 7.1.

Tabela 7.1 - Alguns dos métodos disponibilizados pelo *MonoBehaviour*

Método	Chamada
<i>Awake()</i>	Quando a instância do <i>game object</i> ao qual o script está associado está a ser carregada.
<i>Start()</i>	Quando um script é ativado e antes de algum método <i>Update</i> ser chamado a primeira vez.
<i>Update()</i>	Uma vez por <i>frame</i> . É a principal função para atualizações de <i>frames</i> .
<i>FixedUpdate()</i>	Pode ser chamada mais frequentemente que o <i>Update()</i> , ou seja, várias vezes por <i>frame</i> , dependendo da <i>frame rate</i> . Todos os cálculos e atualizações físicas ocorrem imediatamente depois do <i>FixedUpdate()</i> .
<i>LateUpdate()</i>	Uma vez por <i>frame</i> , depois do <i>Update()</i> ter terminado.
<i>OnEnable()</i>	Quando o objeto que lhe está associado é ativado.
<i>OnDisable()</i>	Quando o objeto que lhe está associado é desativado.
<i>OnTriggerEnter()</i>	Quando um <i>collider</i> entra no <i>trigger</i> do

Método	Chamada
	objeto ao qual o script está associado. Para isso o objeto tem de ter um <i>collider</i> definido como <i>trigger</i> .
<i>OnTriggerStay()</i>	Uma vez por <i>frame</i> por cada <i>collider</i> que estiver a tocar no <i>trigger</i> .
<i>OnTriggerExit()</i>	Quando um <i>collider</i> deixa de tocar no <i>trigger</i> .
<i>OnGUI()</i>	Várias vezes por <i>frame</i> em resposta a eventos da GUI.

Prefabs

Os *prefabs* são *game objects* pré-configurados, fundamentais no desenvolvimento de jogos em *Unity* e funcionam como um *template* a partir do qual se podem criar novas instâncias do *game object* na cena. São usados para várias situações como, por exemplo, guardar uma personagem do jogo, partes do mapa, etc.

Para criar um *prefab* cria-se um *game object* na cena com as configurações desejadas recorrendo aos componentes, e depois basta arrastá-lo para o painel do projeto para ficar guardado como *prefab*. Desta forma, quando no jogo existirem várias instâncias do *game object* representado por um determinado *prefab*, é possível mudar as configurações individuais de cada um, caso se pretenda que tenham comportamentos diferentes. Alternativamente, caso se pretenda mudar o comportamento de todas as instâncias, não é necessário alterá-las uma a uma, modifica-se apenas a configuração do *prefab*, que será imediatamente replicada em todas as instâncias produzidas a partir dele.

Concluindo a introdução destes conceitos, a figura 7.6 resume a constituição de um jogo no *unity*. Um jogo pode ser composto por várias cenas, cada cena contém vários *game objects* e cada *game object* pode conter vários componentes, sendo eles *built-in* (nativos) ou criados pelo *game developer* (scripts).

No caso particular do BART, o jogo possui apenas uma cena que contém vários *game objects*, cada um deles contendo vários componentes.

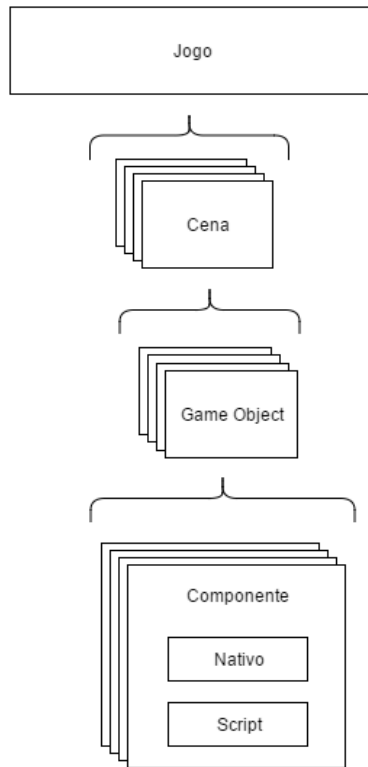


Figura 0.6 - Constituição de um jogo no Unity

Interface

Após o enquadramento anterior, de seguida é apresentado como é que estes conceitos são colocados em prática na interface disponibilizada pelo *Unity*.

A figura 7.7 mostra essa interface, com o projeto do jogo aberto. A interface está dividida em 5 painéis principais, cada um deles assinalado com um número na figura.

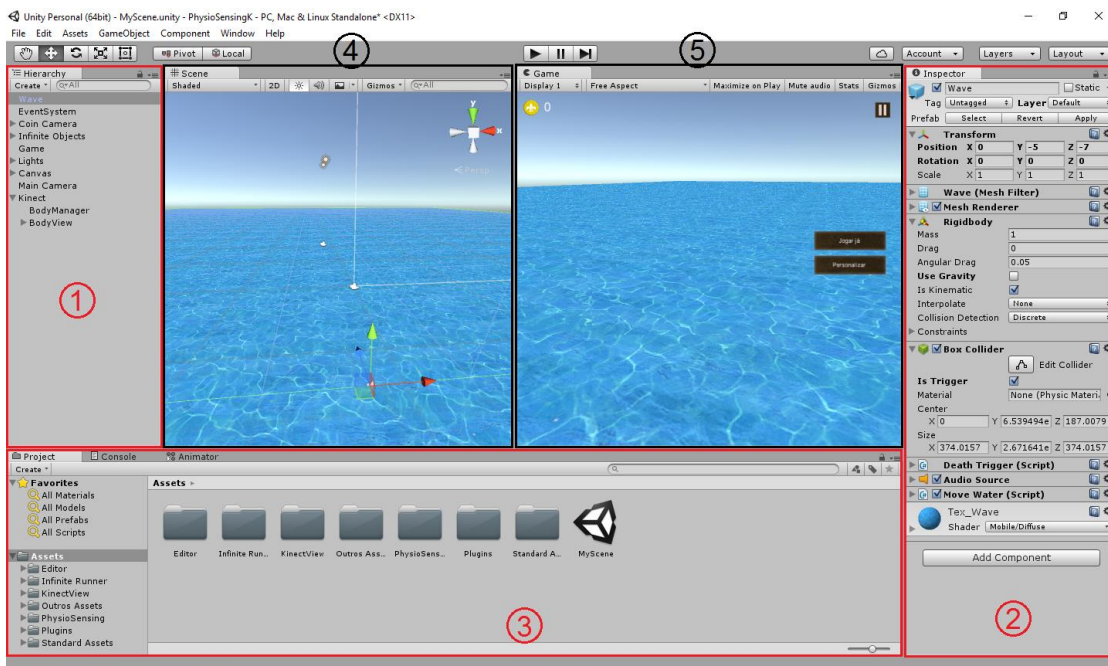


Figura 0.7 - Interface disponibilizada pelo Unity

A hierarquia está assinalada com o número 1 e é nela que estão os *game objects* que fazem parte do jogo.

O *inspector* está assinalado com o número 2 e é nele que se podem ver e adicionar os componentes de determinado *game object*. No exemplo da figura, é possível visualizar os componentes que constituem o *game object* “*Wave*”.

O projeto está assinalado com o número 3 e é nele que estão todos os *assets* usados no jogo (texturas, ficheiros de som, *prefabs*, etc.).

Por último, os números 4 e 5 representam, respetivamente, a vista da construção da cena e a vista do jogo. A vista do jogo representa exatamente o que será visto durante o jogo e como vai estar disposto.

7.4. Conceitos do Kinect

De forma análoga ao que foi feito no subcapítulo anterior, é também importante detalhar alguns conceitos relacionados com o Kinect além do que já foi referido em 3.1.

Este sensor tem várias características que o diferenciam de outras câmaras. Combina uma câmara de cor com um sensor de profundidade e um emissor de infravermelhos. A câmara de cor funciona como uma câmara convencional, enquanto o sensor de profundidade recorre ao emissor de infravermelhos para detetar a profundidade através de um método denominado “*time-of-flight*” (Rubin, 2013) que deteta a profundidade medindo o “*time-of-flight*” de um sinal de luz entre a câmara e um objeto, isto é, a diferença de tempo entre a emissão do sinal e o seu regresso ao sensor, depois de ser refletido pelo objeto. O Kinect permite que sejam detetados até 6 indivíduos ao mesmo tempo e inclui reconhecimento de expressões faciais e de gestos da mão, através do SDK do Kinect para Windows (“Kinect for Windows SDK 2.0”, n.d.) desenvolvido pela Microsoft.

O sistema de coordenadas 3D usado pelo Kinect pode ser visto na figura 7.8.



Figura 0.8 - Sistema de coordenadas 3D usado pelo Kinect (“Coordinate mapping”, n.d.)

A origem está localizada no centro do sensor de infravermelhos, sendo que o X cresce para a esquerda do sensor, o Y cresce para cima e o Z cresce na direção para o qual o sensor está virado.

A câmara de cor é capaz de recolher imagens a cor com uma resolução de 1920x1080 pixéis, mas a resolução da imagem de profundidade é de 512x424 pixéis. Tem um campo de visão de 70° na horizontal e 60° na vertical. O alcance mínimo do sensor é 0.5 metros e o alcance máximo é 4.5 metros (“Kinect hardware”, n.d.). É possível o Kinect conseguir detetar indivíduos fora do intervalo definido, mais concretamente até aos 8 metros de distância do sensor, mas não são garantidos valores ótimos nesses casos. Assim, através destas especificações, pode-se verificar que o Kinect possui algumas limitações que devem ser tidas em conta quando está a ser utilizado.

Além disso, para usar a segunda versão do Kinect, o computador deve ter as seguintes especificações (“Kinect hardware requirements”, n.d.):

- Sistema operativo Windows 8 ou superior;

- Processador de 64 bits (x64);
- Dual-core 3.1 GHz ou superior;
- 4 GB de RAM;
- Controlador USB 3.0;
- Placa gráfica que suporte DirectX 11.

Body Tracking

O Kinect deteta o corpo dos indivíduos através de um algoritmo para reconhecimento de articulações (*joints*) do corpo humano, implementado no SDK do Kinect para Windows. O algoritmo recorre aos dados de profundidade para encontrar o corpo de um indivíduo, fornecendo informações detalhadas acerca da posição e valor de confiança de 25 pontos de articulação (Figura 7.9) do corpo de um indivíduo. A posição de cada ponto de articulação é dado em coordenadas, em metros, seguindo o sistema de coordenadas cartesiano apresentado na Figura 7.8. Enquanto o valor de confiança fornece a fiabilidade destas coordenadas num intervalo de 0 a 1, em que 1 representa uma maior confiança.

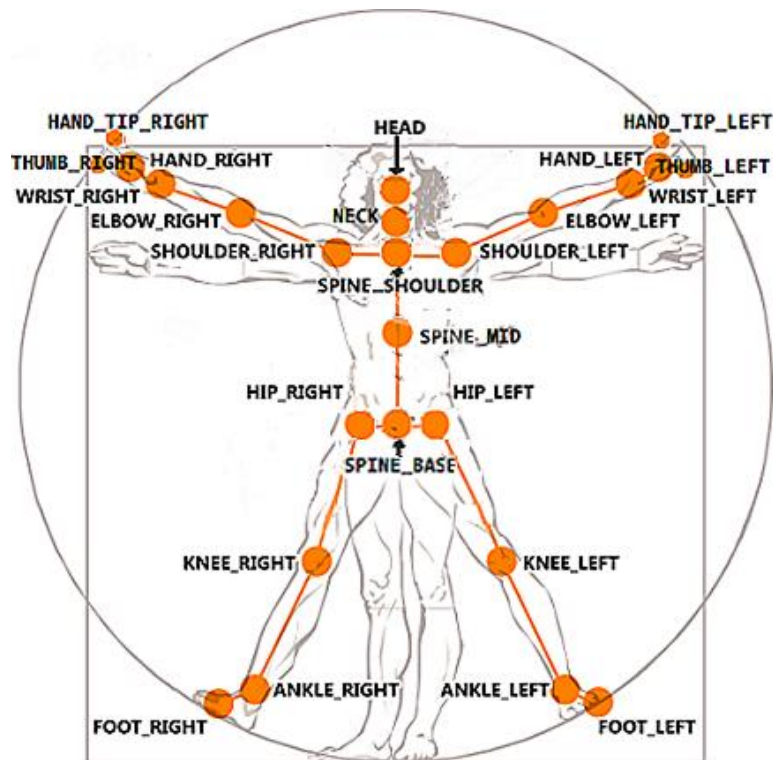


Figura 0.9 - Articulações detetadas pelo Kinect (“JointType Enumeration”, n.d.)

7.5. Implementação do jogo

Para a criação do jogo foi usado um projeto base, obtido na *Asset Store* do *Unity*, que continha algumas funcionalidades semelhantes ao que era pretendido. No entanto, esta era apenas uma base, pelo que foi necessário criar todos os objetos de jogo e todos os scripts necessários para atingir o que era pretendido. Durante a descrição da implementação irá ser feita a indicação do que fazia parte desse projeto e do que teve de ser criado.

Relativamente aos modos de jogo descritos anteriormente, a implementação do modo “Jogar já” foi semelhante ao *template* utilizado, uma vez que este consiste nesse tipo de jogo, isto é, na geração de um mapa aleatório. No entanto, foi necessário criar todas as situações de jogo e

todas as regras e probabilidades de aparecimento das situações de jogo através dos scripts que vinham no projeto, destinados a esse fim.

Para o modo de jogo “Personalizar” foi necessário criar a maior parte da lógica que o faz funcionar. Posteriormente será descrito com mais detalhe como foi implementado este modo de jogo.

A utilização deste projeto veio na sequência de uma análise feita pela equipa do projeto de estágio à sua utilidade. Chegou-se à conclusão que a sua utilização seria uma mais-valia para o trabalho a desenvolver no presente estágio, não lhe tirando o mérito, antes pelo contrário, uma vez que permite ir mais além no resultado final.

Devido ao padrão arquitetural (explicado em 2.3) seguido pelo *Unity* e ao elevado número de objetos de jogo e scripts criados, de seguida vão ser apresentados apenas alguns, que foram considerados os mais importantes para o funcionamento básico do jogo.

7.5.1. Menus de jogo

Para a criação dos menus de jogo foi necessário criar vários *game objects* e alguns *scripts* para controlar o comportamento do menu.

O componente *RectTransform*

Como referido anteriormente, os *game objects* que não fazem parte da GUI têm sempre um componente *Transform* associado por defeito, enquanto os *game objects* pertencentes à GUI têm sempre um componente *RectTransform* associado por defeito. O *RectTransform* representa um retângulo no qual um elemento UI pode ser colocado. É o componente responsável pelo posicionamento de qualquer elemento UI dentro do *Canvas* e é usado para ajustar a posição, tamanho, *anchor* e *pivot* do retângulo.

A hierarquia

No *Unity* existe um tipo de *game object* dedicado exclusivamente à criação da GUI, denominado *Canvas*. Este *game object* representa a área dentro da qual todos os elementos da GUI devem estar. Tem um componente com o mesmo nome associado a ele, que é responsável pela renderização de todos os elementos da GUI. Todos estes elementos têm de ser filhos do *Canvas*. Assim, quando é criado um elemento UI, caso ainda não exista um *Canvas* na cena, é criado automaticamente e o elemento UI é colocado como filho dele. A configuração de um *RectTransform* vai sendo herdada dos objetos pai para os objetos filho.

Como filhos diretos do *Canvas* foram definidos *game objects*, denominados *Anchor*, que servem para ancorar os seus objetos filho a uma determinada área do *Canvas*. Isto permite que os elementos UI fiquem corretamente posicionados no ecrã, mesmo com diferentes resoluções de ecrã.

Além disso, cada *game object Anchor* tem um conjunto de objetos filho, denominados *Panels*, que representam um ecrã ou menu de jogo. Cada *Panel* tem um componente *Animation* associado para realizar animações nas transições de ecrã para ecrã.

A Figura 7.10 ilustra parte da hierarquia da GUI desenvolvida, onde se pode confirmar parte do que foi descrito anteriormente. Além disso, também é possível fazer um mapeamento entre os *game objects* que estão na hierarquia e os ecrãs/menus de jogo apresentados em 1.3. A título de exemplo, o ecrã inicial de jogo apresenta dois botões do lado direito do ecrã. Na hierarquia

é possível verificar que existe um *game object* denominado “*Anchor – Right*” que tem como filho um *game object* denominado “*Panel – Main*” que, por sua vez, tem dois *game objects* filho denominados “*Start*” e “*Personalizar*”. O primeiro *game object* serve para ancorar os *game objects* filho à extremidade direita do ecrã, o segundo representa o ecrã inicial de jogo e os dois últimos representam os dois botões supramencionados.

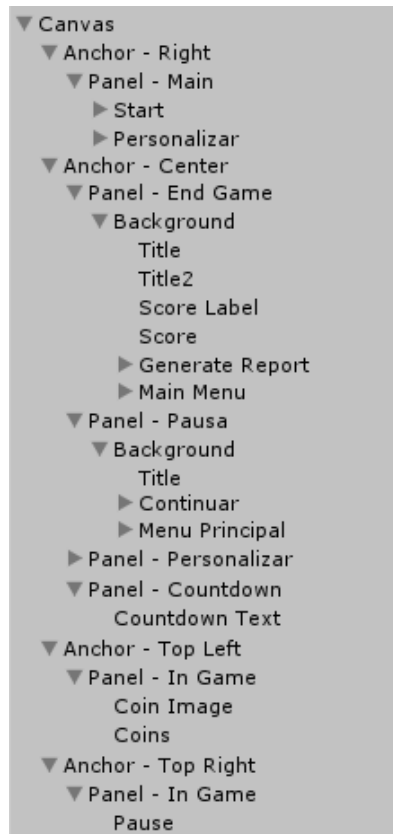


Figura 0.10 - Parte da hierarquia da GUI desenvolvida

Menu de personalização

De uma forma geral, o *game object* correspondente a este menu (“*Panel – Personalizar*”) contém, entre outros, os seguintes elementos UI:

- **Button:** objeto que pode ser clicado para despoletar um evento. Tem associado um componente *Button* (nativo) e as classes *GUI Click Event Receiver* e *Play Animation Event*. O componente *Button* tem um *listener* (*OnClick()*) que chama um determinado método de cada uma das duas classes mencionadas quando o botão é clicado, de forma a tratar do evento ocorrido. Os botões são usados neste menu para voltar ao ecrã inicial, iniciar a sessão de jogo e aumentar ou diminuir o número de repetições e a duração da repetição.
 - As classes *GUI Click Event Receiver* e *Play Animation Event* servem, respetivamente, para controlar os eventos relacionados com os botões de mudança de ecrã/menu e para animar a transição entre ecrãs/menus de jogo.
- **Slider:** permite que o utilizador selecione um valor numérico a partir de um intervalo pré-definido. Tem associado um componente *Slider* (nativo), onde é possível personalizá-lo como, por exemplo, definir o intervalo de valores abrangido pelo *slider*. Esse componente tem também um *listener* (*OnValueChanged()*) que chama um determinado método sempre que ocorre uma mudança no valor do *slider*. O método chamado irá tomar ações mediante o valor atual, quer seja atualizar o campo de texto

que contém o valor do *slider*, quer seja mudar alguma propriedade do jogo. Os *sliders* são usados neste menu para personalizar os parâmetros de esforço.

- **Toggle:** *checkbox* que pode ser alternada entre os estados *on* e *off*. Tem associado um componente *Toggle* (nativo), que contém um *listener* (*OnValueChanged()*) que chama um determinado método sempre que ocorre uma mudança no estado do *toggle*. O método que é chamado irá tomar ações mediante o estado atual do *toggle*. Neste menu, os *toggles* são usados para mostrar/esconder painéis relativos às situações terapêuticas que podem ser treinadas.
- **Scroll View:** permite que o utilizador controle a visualização de uma determinada área que é grande demais para ser vista no ecrã. Tem associado um componente *Scroll Rect* e um componente *Mask*. O componente *Scroll Rect* permite fazer *scroll* à *RectTransform* do objeto filho e tem uma referência para o objeto alvo de *scrolling* (um *Panel*, neste caso) e parâmetros para personalizar o comportamento do *scroller* como, por exemplo, se é horizontal, vertical ou ambos. No entanto este componente não define a área de *scrolling* visível por si só, a não ser que seja combinado com um componente *Mask* que serve exatamente para esse fim.

Além disso foi criado um *game object* (“Controlador”) que tem associado um *script* (*MenuPersonalizar*) que trata de todos os eventos relacionados com os *sliders*, *toggles* e botões que alteram o número de repetições e a duração da repetição. Este *game object* também é responsável por inicializar os valores dos parâmetros de personalização quando se acede ao menu e por indicar à classe *DeterministicSpawn* (explicada mais à frente neste capítulo) quando tem de construir um mapa.

A Figura 7.11 ilustra parte da hierarquia deste menu, onde se pode confirmar parte do que acaba de ser descrito. É possível verificar, por exemplo, que os parâmetros de personalização (quer de esforço quer das situações terapêuticas) são filhos de *game object* denominados “*ScrollingArea*” e “*ScrollingPanel*”, o que vai de encontro ao que foi explicado acerca do componente *Scroll View*. Também é possível visualizar um exemplo da estrutura hierárquica de um parâmetro de personalização de esforço (velocidade, neste caso em particular), e de um parâmetro de personalização de uma situação terapêutica (manutenção do equilíbrio à esquerda).

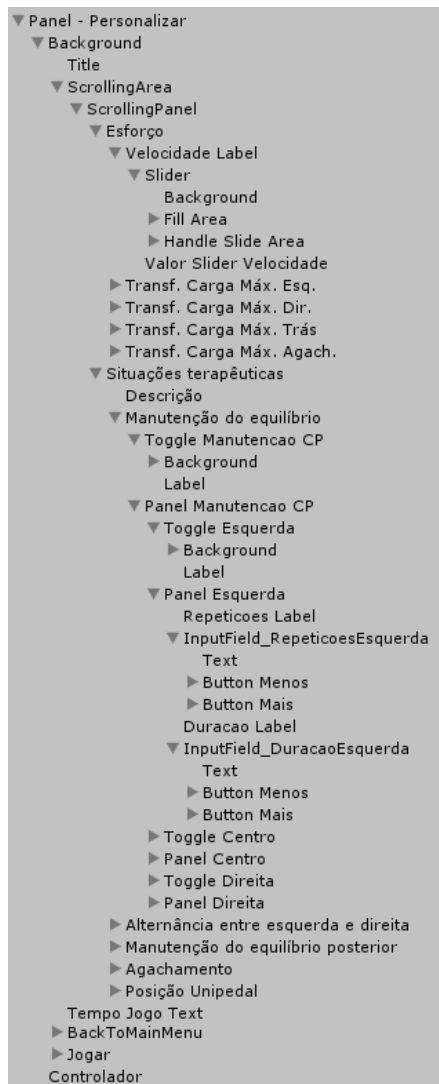


Figura 0.11 - Parte da hierarquia do menu de personalização

7.5.2. Game Manager

Este *game object* é um dos mais importantes uma vez que contém a maior parte das classes para a gestão do jogo: *Game Manager*, *Data Manager*, *Input Controller*, *Audio Manager*, *GUI Manager*, *Static Data*, *Countdown Script*, *Load Xml Data* e *Report*.

De forma resumida, cada uma destas classes é descrita na tabela 7.2.

Tabela 7.2 - Classes contidas no *game object* “*Game Manager*”

Classe	Descrição
<i>Game Manager</i>	Instancia a personagem do jogo a partir do seu <i>prefab</i> , gere o início do jogo ao chamar os métodos de todas as classes que têm de fazer algo ao iniciar o jogo, gere o reinício do jogo após a personagem de jogo cair na água, gere as colisões com obstáculos e moedas e gere o fim do jogo ao chamar os métodos de todas as classes que têm de fazer algo no fim do jogo.

Classe	Descrição
<i>Data Manager</i>	Mantém o registo dos dados usados durante o jogo. Guarda a pontuação do jogo, o número de moedas apanhadas e o número de colisões com obstáculos. É também nesta classe que o deslocamento esquerda-direita em tempo real é calculado e guardado.
<i>Input Controller</i>	Recorre à informação de força recolhida pela classe <i>LoadXmlData</i> para calcular as somas relativas à parte esquerda, parte direita e parte de trás da plataforma de forças, de forma a verificar a força que o utente está a realizar em cada uma dessas três partes. As duas primeiras servem para calcular em que posição a personagem de jogo deve estar mediante a diferença de força exercida numa parte e noutra, e para verificar se o utente está em posição unipedal. A terceira é utilizada para verificar se a força exercida é suficiente para fazer a personagem de jogo parar de correr. Esta classe serve também para indicar ao <i>PlayerController</i> quando a personagem de jogo se deve baixar ou não.
<i>Audio Manager</i>	Guarda as referências para todos os ficheiros de som que vão ser reproduzidos durante o jogo. Controla também todos os momentos em que são reproduzidos e o seu volume.
<i>GUI Manager</i>	Guarda as referências para todos os elementos da GUI (painéis, botões, etc.). A GUI pode estar em diferentes estados como, por exemplo, nos estados “ <i>Main Menu</i> ” ou “ <i>In Game</i> ”. Para cada estado, a classe <i>GUI Manager</i> é responsável por garantir que é ativado o painel correto. A classe <i>GUI Manager</i> é chamada pelas classes <i>Game Manager</i> ou <i>Data Manager</i> para atualizar o estado da GUI ou para atualizar alguma <i>label</i> . Por exemplo, a classe <i>Data Manager</i> chama um método da classe <i>GUI Manager</i> para atualizar o número de moedas apanhadas.
<i>Countdown Script</i>	Responsável pela contagem decrescente que aparece no início e reinício de jogo e após a personagem de jogo renascer, sendo também responsável pela reprodução dos sons que acompanham a contagem. Antes da contagem começar, são desativados todos os outros scripts para que não sejam recebidos quaisquer eventos que possam alterar o estado do jogo. Continuam assim até ao término da contagem, altura em voltam a ser novamente ativados.
<i>Load Xml Data</i>	Responsável pela leitura de dados provenientes da aplicação externa, através de um ficheiro XML. A cada <i>frame</i> do jogo, esta classe recolhe dados sobre o peso que está a ser aplicado em cada um dos quatro quadrantes da plataforma de forças e guarda-os numa lista.

Classe	Descrição
Report	Responsável pela geração do relatório clínico, com o auxílio das bibliotecas <i>MigraDoc</i> e <i>PDFsharp</i> .

7.5.3. Personagem de jogo

A personagem de jogo é outro *game object* essencial no jogo uma vez que é esta que o utente vai controlar para jogar o jogo. É um modelo 3D que tem de ser *rigged*, ou seja, é necessário existir um mapeamento da estrutura óssea no esqueleto de um avatar para que o sistema de animações saiba como animar o modelo. A figura 7.12 mostra o modelo 3D da personagem de jogo com a sua estrutura óssea representada a verde. A figura 7.13 mostra parte do mapeamento da estrutura óssea no avatar.

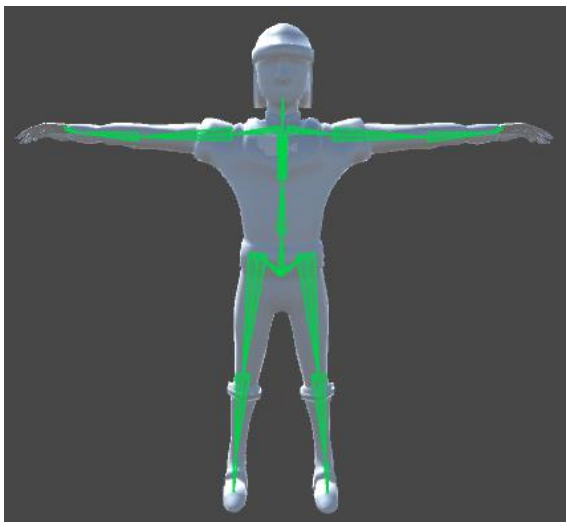


Figura 0.12 - Modelo 3D da personagem de jogo

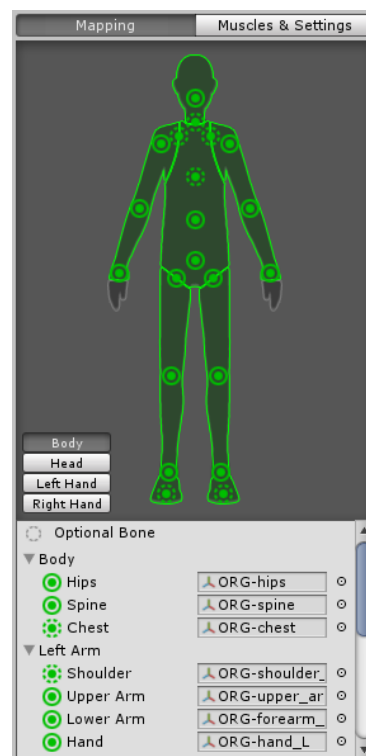
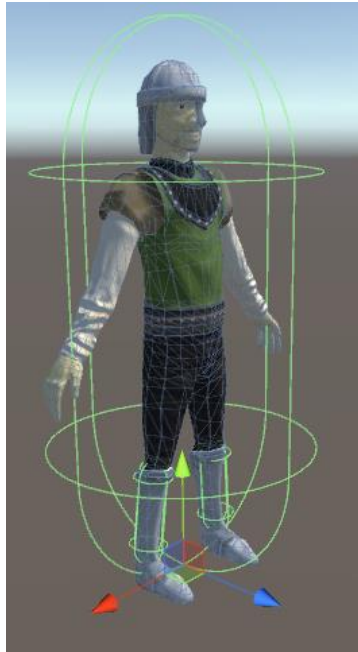


Figura 0.13 - Mapeamento da estrutura óssea no avatar

A figura 7.14 mostra a vista de cena do *game object* correspondente à personagem de jogo.

Figura 0.14 - *Game object* "Personagem de jogo"

Este *game object* tem os seguintes componentes:

- ***Transform*** – representa a posição, rotação e escala do *game object*;
- ***Rigidbody*** – necessário para que a personagem de jogo possa ser movida durante o jogo. Como se pretende manipular a posição através do seu componente *Transform*, o *rigidbody* é definido como *kinematic*;
- ***Capsule collider*** – representa a área de colisão. É visível na figura através das linhas verdes que formam uma cápsula. Quando a personagem de jogo fizer agachamento, a altura do *collider* é reduzido para metade, sendo reposto depois disso;
- ***Animator*** – possui a referência para a máquina de estados (*Animator Controller*) que foi criada para controlar a animação da personagem de jogo e para o avatar da personagem de jogo;
- ***Player Controller*** – classe que indica à classe *Player Animation* qual a animação que deve ser reproduzida conforme os métodos chamados pela classe *Input Controller* e que define a posição da personagem de jogo no campo de jogo mediante os cálculos efetuados na classe *Input Controller*;
- ***Player Animation*** – classe que contém métodos para cada um dos tipos de animação, controlando o valor das variáveis que fazem transitar de uma animação para outra na máquina de estados.

Existem ainda mais dois componentes do tipo *capsule collider*, também eles visíveis na figura 7.14, mas não estão diretamente associados a este *game object*. Em vez disso, cada um destes componentes está associado a uma das pernas da personagem de jogo, mais concretamente ao *game object* que representa a tíbia, que é filho do *game object* principal.

Além dos componentes presentes neste *game object*, existe ainda outro componente fundamental para o controlo do movimento da personagem de jogo que é a classe *Input Controller*, presente no *game object* “*Game Manager*” e descrita anteriormente.

Relativamente às animações da personagem de jogo, como foi referido anteriormente o componente *Animator* possui referências para dois elementos fundamentais: um avatar e um *Animator Controller*. O avatar representa então o modelo 3D *rigged* com o mapeamento da

estrutura óssea, enquanto o *Animator Controller* representa a máquina de estados das animações. A figura 7.15 esquematiza todo o processo necessário para a configuração do componente *Animator*.

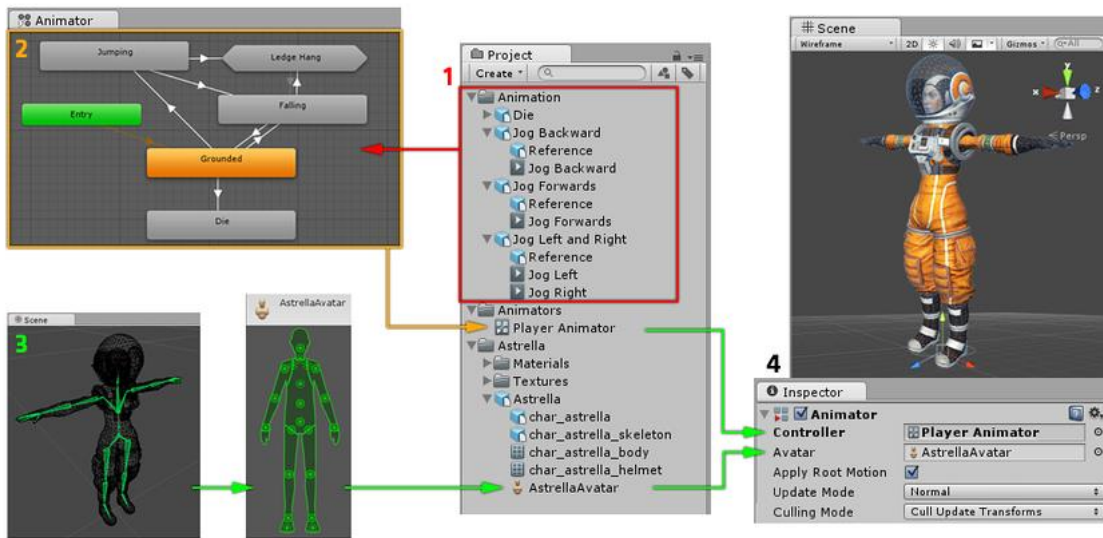


Figura 0.15 - Processo decorrido para a configuração do *Animator*

Em 1 estão representados os *assets* referentes aos clips de animação (*Animation Clips*). Em 2 encontra-se a máquina de estados (*Animator Controller*) que é criada usando os vários *Animation Clips* e posteriormente guardada na pasta do projeto. Em 3 pode-se observar o avatar da personagem de jogo que é também um *asset*. Finalmente em 4 pode-se verificar a associação do *Animator Controller* e do avatar ao componente *Animator*.

A figura 7.16 apresenta a máquina de estados criada. A personagem de jogo começa por estar parada (no estado “Idle”). Quando o jogo começa, transita para animação de corrida (estado “Run”). A partir desse estado pode então transitar novamente para a animação parada (estado “Idle”) e para as animações de agachamento (estado “Slide”) e de posição unipedal (estados “PosUniEsquerda” e “PosUniDireita”).

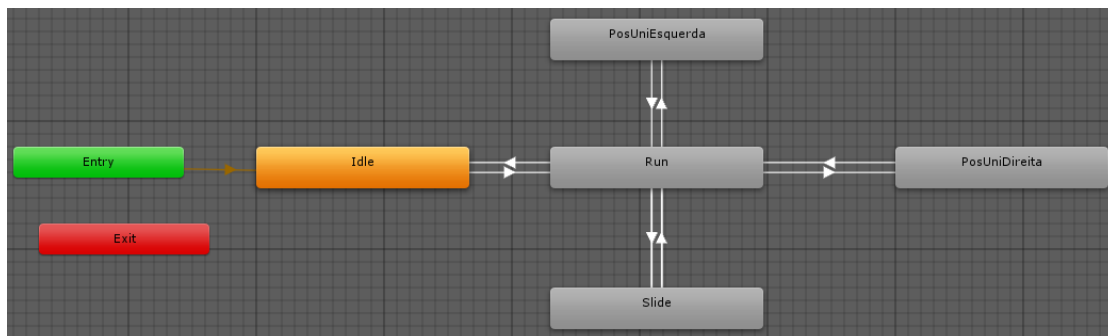


Figura 0.16 - Máquina de estados usada para controlar a animação da personagem de jogo

7.5.4. Infinite Objects

Este *game object* é também dos mais importantes uma vez que representa o mapa de jogo no qual a personagem de jogo corre. O mapa é composto por vários *infinite objects*, que podem ser de diversos tipos: plataformas, obstáculos ou moedas.

Para a criação do mapa, tiveram de ser criadas várias plataformas diferentes, cada uma delas representando parte ou a totalidade de uma situação de jogo. Cada situação de jogo é

composta por vários *game objects* (uma ou mais plataformas, moedas, obstáculos, etc.) que tiveram de ser combinados para atingir o objetivo pretendido.

Quando o mapa está a ser gerado, as plataformas vão sendo colocadas umas a seguir às outras. Aparecem a uma determinada distância à frente da personagem do jogo e são movidas até chegarem a uma determinada distância atrás da personagem do jogo, onde são desativadas. A forma como o mapa é construído depende do modo de jogo escolhido e é feita através das classes que estão associadas a este *game object*.

Em termos de hierarquia, o *Infinite Objects* é o objeto-pai que tem plataformas como objetos-filho. Cada plataforma tem também diversos objetos-filho, sejam eles outras plataformas, moedas, obstáculos, etc.

Antes de iniciar a descrição das classes, é importante mencionar que os *infinite objects* recorrem a uma *pool* de objetos para que em vez de serem sempre criados/destruídos quando aparecem/desaparecem do jogo, apenas são ativados/desativados. Desta forma, um determinado tipo de *infinite object* só é criado quando não houver um do mesmo tipo na *pool* ou quando todos os que estiverem na *pool* já se encontrarem a ser utilizados, o que melhora muito o desempenho do jogo. Esta *pool* de objetos está na classe *Infinite Object Manager*.

As classes contidas neste *game object* podem então ser descritas da seguinte forma:

- ***InfiniteObjectGenerator*** – pode ser considerada a classe principal no processo de criação do mapa do jogo, apesar de precisar de interagir com outras para o fazer. Gere os *infinite objects* que estão atualmente no jogo, assim como os que irão aparecer a seguir. Quando um determinado *infinite object* aparece no jogo é colocado numa lista chamada *activeObjects*, é definido como o pai de todos os outros objetos do mesmo tipo através do método *ObjectSpawned()* da classe *Infinite Object History* e é movido através do método *moveObjects()* da classe *Infinite Object Generator*, fazendo com que os filhos também se movam. Quando um determinado *infinite object* chega a uma determinada distância atrás da personagem de jogo, é removido do jogo e adicionado novamente à *pool* de objetos da classe *Infinite Object Manager*.
- ***InfiniteObjectManager*** – responsável por guardar as referências de todos os *infinite objects*. Quando a classe *Infinite Object Generator* pede um novo *infinite object* para o colocar no mapa, a classe *Infinite Object Manager* devolve-lhe um objeto da *pool*. Caso se esteja a jogar o modo de jogo “Jogar já”, antes de devolver o objeto verifica que objeto pode ser devolvido com base em cada regra e probabilidade de aparecimento do *infinite object*. Para que as regras e as probabilidades de aparecimento possam tomar uma decisão, precisam de ter um histórico dos objetos que já apareceram e isso é obtido através da classe *Infinite Object History*.
- ***InfiniteObjectHistory*** – Mantém o registo de tudo o que ocorreu no passado, como por exemplo a distância a que a última plataforma de agachamentos apareceu ou qual o tipo da última plataforma que apareceu. É também esta classe que mantém o registo da hierarquia dos *infinite objects* na cena e vários métodos para devolver determinado objeto da hierarquia como, por exemplo, o objeto mais a cima ou mais a baixo na hierarquia ou o próximo objeto de um determinado tipo.
- ***DeterministicSpawn*** - Esta classe pode ser considerada o motor do modo de jogo “Personalizar”. É nesta classe que é criado o mapa de jogo de forma determinística, consoante a personalização que for feita no menu para esse efeito. Além disso, também é calculado o tempo de jogo.

A forma como o mapa é criado na classe *DeterministicSpawn* é explicada através do seguinte pseudo-código:

```

Situações[]
Mapa[]

Por cada situação de jogo i
    Se situação de jogo i está ativa no menu personalização
        Adicionar situação de jogo i às Situações[]

Adicionar plataformas neutras ao Mapa[]

Enquanto houver repetições de alguma situação de jogo
    Escolhe-se, aleatoriamente, uma situação de jogo i que ainda se possa repetir
    Se situação de jogo i = {Manutenção do equilíbrio à esquerda, no centro, à direita}
        Escolher tipo de plataforma aleatoriamente (moedas ou ponte)
        Determinar número de plataformas n necessárias para cumprir a duração definida no menu de
                                                    personalização

        Enquanto o número de plataformas n for maior que 0
            Adicionar plataforma ao Mapa[]
        Decrementar número de repetições r da situação de jogo i
        Se o número de repetições r for 0
            Remover situação de jogo i das Situações[]
    Se situação de jogo i = {Alternância entre esquerda e direita, Agachamento, Posição unipedal}
        Determinar número de plataformas n necessárias para cumprir a duração definida no menu de
                                                    personalização

        Enquanto o número de plataformas n for maior que 0
            Adicionar plataforma ao Mapa[]
        Decrementar número de repetições r da situação de jogo i
        Se o número de repetições r for 0
            Remover situação de jogo i das Situações[]
    Se situação de jogo i = Manutenção do equilíbrio posterior
        Adicionar plataforma ao Mapa[]
        Decrementar número de repetições r da situação de jogo i
        Se o número de repetições r for 0
            Remover situação de jogo i das Situações[]

Adicionar plataformas neutras ao Mapa[]

Adicionar plataformas de fim de jogo ao Mapa[]

```

Cada plataforma tem as suas especificidades e componentes. Devido à diversidade de plataformas que existem vão ser descrito de forma genérica os componentes contidos nestas e depois será dado um exemplo mais detalhado para uma em particular.

Na sua generalidade, as plataformas contêm os seguintes componentes:

- **Transform** – representa a posição, rotação e escala do *game object*;
- **Box collider** – representa a área de colisão e serve para que a personagem de jogo possa correr em cima deste;
- **Platform Object** – responsável por indicar o tamanho da plataforma e o seu tipo;
- **Platform Appearance Rules** e **Appearance Probability** – classes que fazem parte do projeto base e servem para controlar as regras e probabilidades de aparência da plataforma no modo de jogo “Jogar já”.

Apresentando um exemplo concreto, a figura 7.17 mostra a plataforma utilizada na situação de jogo “Manutenção do equilíbrio posterior”. Foi escolhida esta plataforma para o exemplo

atendendo que a sua composição apresenta um maior número de *game objects* e componentes relativamente às outras.

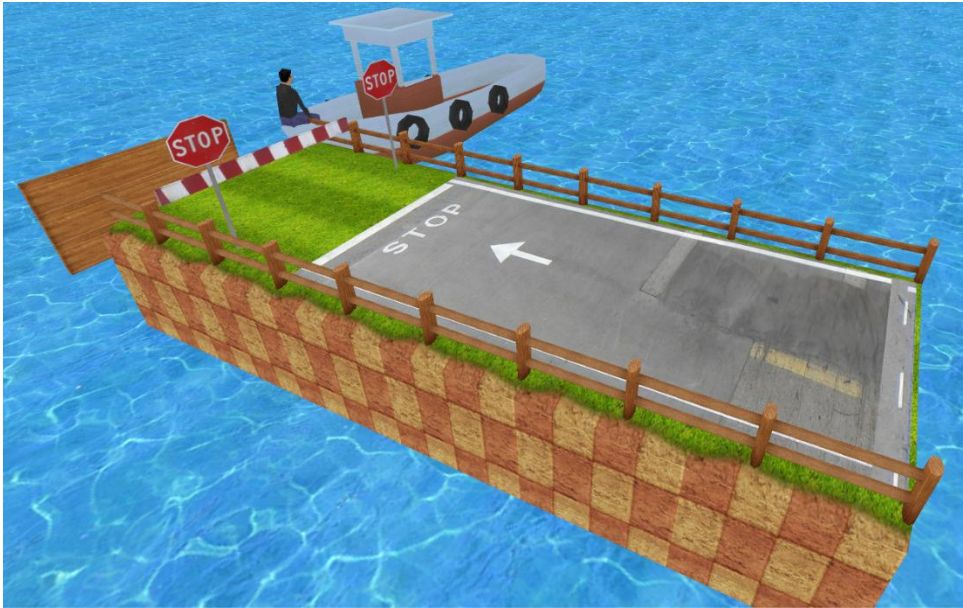


Figura 0.17 - Situação de jogo "Manutenção do equilíbrio posterior"

Esta plataforma é constituída por duas zonas principais, também elas plataformas (objetos-filho da plataforma como um todo): uma zona a cinzento onde é permitido que a personagem de jogo pare de correr, e a restante área que anima a situação de jogo.

Além dos componentes referidos anteriormente, esta plataforma tem outro *script* associado: *BarcoTrigger*. Antes de descrever o conteúdo do *script*, importa referir que nesta plataforma o *box collider* é definido como *trigger*, razão pela qual tem o *script* *BarcoTrigger* associado. Este *script* possui referência para o *game object* referente ao barco e usa os métodos *OnTriggerEnter()*, *OnTriggerExit()* e *Update()* com as seguintes finalidades:

- ***OnTriggerEnter()*** – guarda posição inicial do barco e ativa variável que controla se a personagem de jogo está em cima do *collider*;
- ***Update()*** – enquanto essa variável estiver ativa, o barco será movido;
- ***OnTriggerExit()*** – desativa variável e volta a colocar o barco na sua posição inicial uma vez que, muito provavelmente, a mesma plataforma vai voltar a ser usada devido à utilização da *pool* de objetos.

Além disso, a zona onde é permitido que a personagem de jogo pare de correr é também uma plataforma e tem o seu *box collider* igualmente definido como *trigger*. Como tal, tem também outro *script* associado que controla a animação da situação de jogo: *GroundParagemTrigger*. Este *script* possui referências para os *game objects* referentes à ponte de madeira, à barreira de proteção, ao local sobre o qual a barreira vai rodar e ao texto que apresenta o restante tempo que a personagem de jogo deve ficar parada. Estes dois últimos *game objects* não são visíveis na figura. Além disso, este *script* recorre aos métodos *Start()*, *OnEnable()*, *OnDisable()*, *OnTriggerEnter()*, *OnTriggerStay()*, *OnTriggerExit()* e *Update()* com a seguinte finalidade:

- ***Start()*** – guardar posição inicial da barreira de proteção e da ponte de madeira, obter a duração da situação de jogo e defini-la como o texto a aparecer;
- ***OnEnable()*** – desativa o *game object* referente ao texto a aparecer;
- ***OnDisable()*** – volta a colocar a barreira e a ponte nas suas posições iniciais uma vez que, muito provavelmente a mesma plataforma vai voltar a ser usada devido à utilização da *pool* de objetos;

- ***OnTriggerEnter()*** – configura e ativa o *game object* referente ao texto a aparecer e permite que a personagem de jogo pare de correr;
- ***OnTriggerStay()*** – se a personagem de jogo estiver parada, invoca uma corotina que decrementa o valor do texto referente à duração da situação de jogo;
- ***OnTriggerExit()*** – repõe o valor inicial do texto;
- ***Update()*** – faz abrir a barreira de proteção e fechar a ponte de madeira, através da aplicação de rotações.

As restantes plataformas seguem os mesmos princípios utilizados neste exemplo.

7.5.5. Interação com o Kinect

Para implementar a situação de jogo referente aos agachamentos foi utilizado o Kinect. Para isso, foi necessário integrá-lo com o *Unity* e com o jogo.

Através da deteção das articulações é feito o *body tracking* que cria um esqueleto animado que representa o indivíduo.

Para a implementação da deteção do agachamento, apenas é necessário ter acesso à representação do esqueleto animado, juntamente com as articulações. Como foi descrito anteriormente, o Kinect pode detetar até 6 indivíduos, pelo que foi também necessário implementar um método para detetar apenas o indivíduo que estiver mais próximo do sensor.

Integração do Kinect com o *Unity*

De modo a integrar o Kinect no *Unity* foi necessário utilizar um *package* para o *Unity*, desenvolvido especificamente para esse efeito pela Microsoft, que contém uma biblioteca que disponibiliza alguns recursos do SDK.

Para implementar o que era pretendido para o jogo, foi necessário criar dois *game objects*, cada um deles com uma classe associada. As classes criadas foram adaptadas de exemplos disponibilizados no SDK.

A classe *BodySourceManager* está associada ao *game object* “*Body Manager*” e é responsável por conectar-se ao Kinect, manter o registo dos dados dos corpos detetados expondo-os a outras classes e também para devolver o índice do corpo mais próximo do sensor, necessário para identificar o corpo sobre o qual será feita a deteção de agachamento. Como o Kinect pode detetar 6 indivíduos simultaneamente, tal como já foi referido anteriormente, e como apenas se pretende que a deteção de agachamento seja feita para o indivíduo que está mais perto do sensor, foi então criado o método *FindClosestBody()* que devolve o objeto *Body* do indivíduo que se encontrar nessas circunstâncias.

Associada ao *game object* “*Body View*” está a classe *BodySourceView* que serve para construir e desenhar o esqueleto do corpo devolvido pela classe *BodySourceManager*, criando todas as ligações necessárias entre todas as articulações. Além disso é também nesta classe que é realizada a deteção do agachamento, através do cálculo do ângulo entre as ancas e os joelhos do corpo detetado.

Na figura 7.18 é possível ver a imagem recolhida pela câmara de cor (à esquerda) e o esqueleto construído com base na deteção das articulações (à direita).

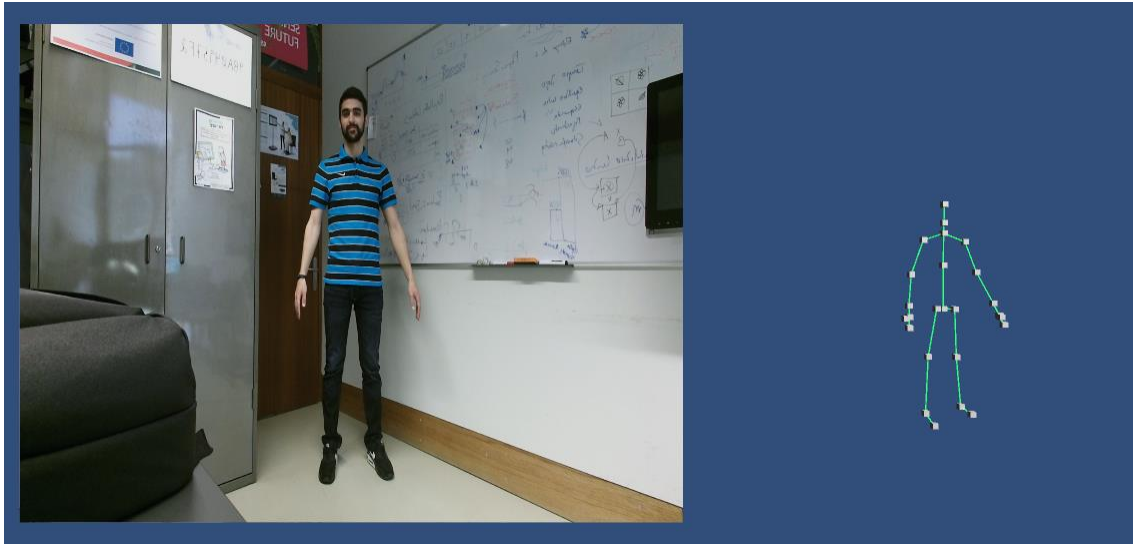


Figura 0.18 - Imagem recolhida pela câmara de cor (esquerda) e esqueleto construído com base na deteção das articulações (direita)

Deteção do agachamento

Para a deteção do agachamento, são criados os vetores correspondentes a ambas as ancas (*LeftHip* e *RightHip*) e ambos os joelhos (*LeftKnee* e *RightKnee*) do corpo, assim como um vetor unitário na direção do eixo y (*UpVector*). Depois disso é calculado o ângulo efetuado por cada um dos membros inferiores, através do cálculo do ângulo entre dois vetores:

- Para a perna esquerda, é calculado o ângulo entre o vetor unitário *UpVector* (\vec{u}) e o vetor resultante da diferença entre os vetores *LeftHip* e *LeftKnee* (\vec{v});
- Para a perna direita, é calculado o ângulo entre o vetor unitário *UpVector* (\vec{u}) e o vetor resultante da diferença entre os vetores *RightHip* e *RightKnee* (\vec{v}).

O cálculo do ângulo entre dois vetores é feito através do método *AngleBetweenTwoVectors()*, que começa por normalizar ambos os vetores, calculando depois o produto escalar entre eles ($\vec{u} \cdot \vec{v}$). Finalmente, o ângulo α resultante é dado pelo arco cosseno do produto escalar calculado anteriormente, multiplicado por $180/\pi$ para fazer a conversão do ângulo em radianos para graus. A seguinte equação representa a operação que é feita.

$$\alpha = \cos^{-1}(\vec{u} \cdot \vec{v}) * \frac{180}{\pi}$$

Estando este ângulo calculado, falta apenas compará-lo com o ângulo a partir do qual é detetado um agachamento. Se o ângulo efetuado por ambas as pernas for superior a esse ângulo ocorre um agachamento, caso contrário não ocorre.

7.5.6. Relatório Clínico

Para a criação do relatório clínico recorreu-se às bibliotecas *MigraDoc* e *PDFsharp* (empira Software GmbH, 2015), que podem ser usadas em conjunto.

A biblioteca *MigraDoc* é um gerador de documentos PDF e RTF. Suporta grande parte das funcionalidades encontradas num processador de texto como, por exemplo, permite adicionar parágrafos, tabelas, gráficos, etc. O *layout* das páginas é gerido automaticamente conforme o espaço disponível.

A biblioteca *PDFsharp* é um processador de ficheiros PDF. Nesta biblioteca as páginas PDF são criadas através de rotinas de desenho, só são suportados *layouts* básicos de texto e o *layout* da página não é gerido automaticamente.

Assim, para a criação do relatório clínico foi utilizada a biblioteca *MigraDoc* para gerar o *layout* e conteúdo do documento PDF e a biblioteca *PDFsharp* para o processar posteriormente.

Capítulo 8

Testes

A realização de testes de aceitação esteve intrínseca durante todo o desenvolvimento do jogo, tendo em conta também o ambiente de desenvolvimento que o *Unity* oferece, sendo possível visualizar a construção da cena paralelamente ao ecrã de jogo e fazer alterações em tempo real para verificar os seus efeitos no jogo. No entanto, quando o jogo atingiu uma fase de desenvolvimento mais avançada, era necessário fazer outro tipo de testes com possíveis utilizadores finais para que o jogo pudesse ser validado. Este capítulo tem como objetivo apresentar os testes de aceitação, assim como os testes realizados com utilizadores.

Segundo Schell (2008), existem quatro tipos diferentes de testes aplicáveis ao desenvolvimento de jogos: *focus groups*, testes de *quality assurance* (QA), testes de usabilidade e *playtesting*. Nos testes realizados ao jogo desenvolvido, não foram feitos testes de QA nem de usabilidade por ter sido definido que não eram os mais importantes para esta fase do desenvolvimento, tendo sido dada preferência à realização de *focus groups* e de *playtesting*.

Um *focus group* é um método para recolher a opinião dos utilizadores acerca de um produto ou ideia, identificando o que gostam e o que não gostam e a sua reação. Consiste numa discussão livre acerca do produto, liderada por um moderador que garante que a discussão seja o mais relevante possível, assegurando que os tópicos e questões de maior interesse são abrangidos no tempo disponível.

Inicialmente estava prevista a realização de um único *focus group* com a presença de vários indivíduos com experiência em duas áreas distintas: saúde e engenharia informática. No entanto, como não foi possível encontrar uma data em que todos os participantes pudessem estar presentes, este objetivo não foi cumprido. A solução encontrada passou pela realização de três *focus groups* que serão descritos em seguida.

A estrutura dos *focus groups* foi similar, sendo feita a apresentação do jogo inicialmente, seguida da discussão de ideias, que pode ter focos diferentes mediante as áreas de experiência dos participantes da sessão.

Quanto ao *playtesting*, é diferente dos restantes três tipos de testes e consiste essencialmente em reunir vários indivíduos para experimentar o jogo de forma a verificar se este produz o efeito desejado nos indivíduos. Este teste foi realizado durante o evento “Coimbra a Brincar”.

8.1. Testes de aceitação

Os testes de aceitação foram feitos com o objetivo de verificar se os requisitos definidos na secção 5.5. foram cumpridos.

Como referido anteriormente, os testes de aceitação foram sendo realizados durante o desenvolvimento do jogo. O processo seguido foi sempre o mesmo: quando um requisito era implementado, verificava-se se o seu funcionamento estava de acordo com o funcionamento especificado nos critérios de aceitação das *User Stories*. Caso isso não se verificasse, eram então feitas todas as correções necessárias nesse sentido.

Os resultados dos testes de aceitação podem ser consultados no Apêndice H.

8.2. Primeiro *focus group*

O primeiro *focus group* foi realizado com a presença de duas fisioterapeutas e o orientador do DEI. A discussão de ideias foi focada, principalmente, em quatro áreas: situações terapêuticas trabalhadas pelo jogo, relatório clínico, animações do jogo e objetivo final a que se destina.

Os participantes comentaram que o jogo é útil e um complemento muito importante às sessões de terapia e reabilitação física, cumprindo o objetivo final a que se propõe. Ajuda bastante na motivação e adesão ao tratamento, e os parâmetros de personalização são uma parte fundamental uma vez que a forma como o jogo será usado depende de cada situação e utente em particular.

Também foi apontado que numa fase inicial da utilização do jogo será necessário um período de ensino e muita supervisão para que o utente perceba o que tem de fazer e qual a forma correta de o fazer. Aliado a isso, o jogo deve fornecer alguma forma de indicar ao utente quais os movimentos a realizar sem ser necessária a presença do profissional de saúde.

O resumo do *focus group* com todas as sugestões e opiniões recebidas pode ser consultado no Apêndice I.

Após a conclusão do *focus group*, foram feitas algumas alterações ao jogo tendo em conta alguns comentários e sugestões recebidas. Relativamente ao menu de personalização da sessão de jogo, foi sugerido que se explicasse o significado de cada parâmetro de personalização, que nos parâmetros de personalização do esforço se colocassem as unidades junto aos valores numéricos e que se alterasse o nome do parâmetro referente ao ângulo de agachamento. Todas estas sugestões foram prontamente aplicadas.

8.3. Segundo *focus group*

O segundo *focus group* foi realizado com dois fisioterapeutas (os mesmos que testaram o protótipo inicial). A discussão de ideias teve o mesmo foco que a do *focus group* anterior.

Os comentários e sugestões recebidas coincidiram maioritariamente com os do *focus group* anterior. Foi vista utilidade para a fase de início de marcha quando o utente tem dificuldade em andar, uma vez que nessas situações o utente tem de aprender a transferir carga. Além disso, comentaram que seria muito interessante para uso nos cuidados continuados, onde os utentes necessitam de fazer exercícios semelhantes aos que são feitos no jogo durante muito tempo mas sem qualquer tipo de feedback visual.

No Apêndice J encontra-se o resumo do *focus group* com todas as sugestões e opiniões recebidas.

8.4. Terceiro *focus group*

O terceiro *focus group* foi realizado com quatro engenheiros informáticos com vasta experiência em desenvolvimento de jogos. Assim, o foco desta reunião foi também um pouco diferente das anteriores, uma vez que o principal objetivo era obter feedback mais focado no jogo propriamente dito do que em questões relacionadas com terapia e reabilitação física.

Os participantes tiveram uma reação positiva ao jogo e congratularam o facto de o jogo ter atingido uma fase de desenvolvimento avançada num curto espaço de tempo. No entanto, consideram que tem de passar por uma fase de refinamento para poder ser colocado à disposição dos utilizadores, o que é uma tarefa complexa e morosa.

Foram ainda recebidas algumas sugestões, algumas delas coincidentes com as dos outros dois *focus group*, que podem ser vistas no Apêndice K.

8.5. Evento “Coimbra a Brincar”

Além do jogo ter sido testado nos três *focus group* supramencionados que, de certa forma, acaba por ser um teste controlado e mais focado na discussão de ideias, também foi testado num evento aberto ao público em geral mas focado principalmente em crianças e idosos.

Este teste tem um carácter diferente dos que foram feitos nos *focus group* uma vez que teve como principal objetivo perceber a reação da população ao jogo. Assim, os indivíduos apenas jogavam o jogo, sem a necessidade de lhes serem apresentadas as restantes funcionalidades.

Os indivíduos que viram ou experimentaram o jogo reagiram com muito entusiasmo e foi possível confirmar que cada indivíduo necessita que os parâmetros de personalização sejam ajustados a si. À medida que os participantes foram experimentando o jogo, reparou-se que em algumas situações era necessário explicar o que tinham de fazer. Também foi possível verificar que a situação de jogo “Manutenção do equilíbrio posterior” foi a que criou maior dificuldade aos participantes, sendo necessário ajustar a variável de esforço correspondente para valores entre os 60% e 75%. Relativamente à velocidade de jogo, verificou-se que a velocidade adequada para indivíduos acima de 60 anos é a velocidade “Lenta”.

Foi feito um registo da idade e género de cada indivíduo que experimentou o jogo e foi pedido que classificassem o jogo numa escala de 1 a 5 em que 1 significa “Muito mau” e 5 significa “Muito bom”. Além disso, havia também a possibilidade de deixarem um comentário/sugestão. Os resultados deste registo, as notas tomadas e o *link* para um vídeo do evento podem ser visualizados no Apêndice L.

8.6. Validação clínica

Estava prevista a realização de mais testes, nomeadamente em ambiente clínico com uma população estratificada de utentes de sessões de terapia e reabilitação física e, idealmente, a realização de um pequeno caso de estudo com um desses utentes. No entanto, por questões de indisponibilidade de recursos humanos e de uma clínica de acolhimento, não foi possível a realização dos referidos testes.

8.7. Resultados e análise

Durante a realização dos testes, foram recebidos vários comentários e sugestões. Os principais foram resumidos na tabela 8.1.

Tabela 8.1 - Resumo dos comentários e sugestões recebidas durante os testes realizados

Categoria	Principais comentários	Sugestões
Jogo	<p>É intuitivo, motivador e envolve o jogador no objetivo a atingir.</p> <p>Muito útil para sessões de terapia e reabilitação física que requerem exercícios repetitivos, pelo que terá um impacto positivo no processo de recuperação.</p> <p>É fluído e de fácil aprendizagem.</p> <p>Integra vários exercícios numa única sessão de jogo.</p> <p>Permite fornecer ao utente a consciencialização da carga que ele exerce nos membros inferiores.</p>	<p>Deve ser construída uma história para envolver ainda mais o jogador.</p> <p>Devem ser criados outros ambientes em que o jogo decorre de modo a produzir um fator de novidade ao jogador.</p> <p>Devem existir imagens ou vídeos exemplificativos para indicar a forma correta de realizar o exercício.</p> <p>É muito importante ter cuidados com os limites de equilíbrio. Se o utente se desequilibrar ou fizer mais força do que deve, deve acontecer algo no jogo que indique isso.</p> <p>Deve ser criada uma forma de introduzir competitividade entre utentes ou de cada utente com ele próprio.</p>
Situações terapêuticas	<p>Tem variedade de situações terapêuticas. São adequadas aos processos de terapia e reabilitação física e existe um mapeamento correto entre o exercício efetuado pelo utente e a animação da personagem de jogo.</p>	<p>Novas situações: transferência de carga para a frente, transferência de carga nas diagonais e salto.</p>
Menu de personalização	<p>Como cada sessão de terapia e reabilitação física depende muito de cada situação e utente em particular, este menu é muito importante para que o profissional de saúde possa adequar ao máximo o jogo ao que o utente necessita.</p>	<p>Deve ser incluído um parâmetro para personalizar o tempo de intervalo entre as repetições das situações de jogo.</p>
Relatório Clínico	<p>Tem informação útil e é fácil de interpretar.</p>	<p>Colocar legenda com a escala de cores e respetivo significado na tabela dos resultados globais, explicar significado dos números soltos nos resultados individuais das situações terapêuticas e no gráfico do deslocamento introduzir outra série</p>

Categoria	Principais comentários	Sugestões
		<p>correspondente ao objetivo do deslocamento.</p> <p>Deve ser criada uma seção onde será apresentada a evolução do utente ao longo das várias sessões, em cada situação terapêutica em particular.</p> <p>Caso o utente se desequilibre a realizar algum exercício, essa informação deve ser registada.</p>
Animações e sons	São positivas e motivam o jogador a atingir o objetivo proposto.	Aumentar e diversificar o número de sons e animações.

Através da análise dos comentários recebidos, pode-se dizer que o jogo desenvolvido cumpre claramente o objetivo a que se propõe e foi muito bem recebido pelos possíveis utilizadores finais, quer profissionais de saúde, quer utentes.

As sugestões recebidas para melhorar o jogo são, sem dúvida, uma mais-valia para o tornar cada vez melhor. Relativamente às sugestões recebidas para o jogo propriamente dito, algumas delas já tinham sido pensadas pela equipa do projeto mas optou-se por deixá-las para uma versão futura, uma vez que nesta versão do jogo o objetivo principal era validar a sua utilidade e verificar se provocava o efeito desejado nos potenciais utilizadores.

Quanto às sugestões de introdução de novas situações terapêuticas no jogo, a transferência de carga para a frente estava prevista desde o início do desenvolvimento mas acabou por não ser implementada pois seria semelhante às restantes situações de transferência de carga. Optou-se então por dar prioridade a outras situações terapêuticas, como foi o caso da situação terapêutica referente ao agachamento. A situação terapêutica relativa ao salto foi discutida antes do início do desenvolvimento mas foi colocada de lado por o equipamento disponível não suportar este exercício.

O relatório clínico foi considerado muito importante pelos profissionais de saúde, havendo no entanto espaço para eventuais melhorias e complementos.

Capítulo 9

Conclusões

O objetivo do presente estágio era promover a reabilitação motora e cognitiva de pessoas com mobilidade reduzida ou afetada por, principalmente, acidentes vasculares cerebrais, risco de queda ou lesões em membros inferiores. Pretendia-se criar uma forma de as motivar a fazer exercício terapêutico, tornando o processo de recuperação e as sessões de terapia e reabilitação física mais eficazes.

Para atingir o objetivo supramencionado, foi desenvolvido um jogo direcionado para terapia e reabilitação física. O jogo é capaz de promover o exercício em pessoas nas situações atrás mencionadas, permite que os profissionais de saúde adaptem a sessão de jogo a cada utente em particular e disponibiliza dados importantes aos profissionais de saúde sobre o exercício realizado através da geração de um relatório clínico.

Pode-se dizer de antemão que o objetivo foi atingido com sucesso, existindo dados claros obtidos com potenciais utilizadores, quer nos *focus groups* quer na apresentação pública, que o evidenciam.

O trabalho desenvolvido no 1º semestre foi fundamental para enquadrar o estagiário na área dos dispositivos médicos para terapia e reabilitação física e lhe dar a conhecer os principais *players* do mercado e o produto sobre o qual incidiria o seu trabalho, o *PhysioSensing*. Foi um estudo exaustivo para a definição de um trabalho distintivo. Numa fase posterior, procedeu-se à seleção do tipo de jogo a desenvolver, através de um processo bem definido e justificado. Finalmente foi criado um protótipo de jogo que permitiu uma importante interação com profissionais de saúde na medida em que foram obtidos dados sobre o que o jogo final deveria ter tanto do seu ponto de vista, como do ponto de vista do utente. Foi, portanto, um trabalho enriquecedor e fundamental para o início de trabalhos do 2º semestre.

A realização da apresentação intermédia foi uma mais-valia para o trabalho desenvolvido uma vez que avaliou as tarefas desenvolvidas no 1º semestre e se obteve feedback valiosíssimo que contribuiu para a melhoria não só do relatório de estágio como também do resultado final do trabalho. Relativamente ao relatório de estágio, o feedback recebido por parte dos membros do júri levou à implementação de ações corretivas para cada uma das sugestões apresentadas que podem ser consultadas no Apêndice M.

Dentro de todos os tipos de jogos que podiam ser desenvolvidos, o tipo que foi selecionado (3D) oferece maior fator de diferenciação e permite agrupar todos os benefícios dos restantes. No entanto, existiu o risco de não se conseguir obter o resultado pretendido por se tratar de uma nova área, quer para o estagiário, quer para a empresa, aliado ainda ao facto de se tratar de um jogo 3D que, como foi confirmado pelos participantes do terceiro *focus group*, tem um nível de complexidade muito mais elevado, requerendo um esforço técnico adicional durante um período mais extenso até se atingir uma versão bem refinada, comparativamente a um jogo 2D.

O facto de se trabalhar com uma ferramenta nova foi uma barreira inicial, uma vez que não existia experiência prévia, o que conduziu a várias horas de aprendizagem e treino antes do início do projeto. A equipa de projeto também não tinha experiência na área de desenvolvimento de jogos, pelo que teve de existir sempre uma atitude autodidata ao longo de

todo o trabalho. Assim, este projeto serviu também para enriquecer a experiência da equipa, o que deu ainda uma maior responsabilidade ao estagiário.

Durante o desenvolvimento do presente trabalho foram surgindo várias dificuldades e obstáculos que tiveram de ser ultrapassados para conseguir atingir o resultado final. A criação do protótipo inicial foi a primeira grande dificuldade a nível técnico devido ao facto de se estar a trabalhar com uma ferramenta nova (*Unity*) e com um novo paradigma associado a ela. A curva de aprendizagem exigida pelo *Unity* levou a que fosse necessário utilizar vários dias para ler documentação e analisar tutoriais para obter uma familiarização quer com o editor do *Unity*, quer com conceitos base do motor e da sintaxe da linguagem de programação. Além disso, também o controlo e animação da personagem de jogo foram uma barreira pois é algo que requer conhecimentos mais avançados de modelação 3D e do próprio motor de jogo. Por fim, também foram sentidas algumas dificuldades iniciais na integração com o *PhysioSensing* devido à forma de comunicação usada entre a plataforma de forças e o *software*.

Já no desenvolvimento do BART, a criação dos objetos de jogo, nomeadamente as situações de jogo, foi uma tarefa que, por não estar diretamente ligada à área de engenharia informática, custou muitas horas de pesquisa e trabalho. A inclusão de novas animações na personagem de jogo foi outra tarefa que exigiu muitas horas de aprendizagem acerca dos conceitos e modo de implementação de animações no *Unity*.

Optou-se pela utilização de um projeto-*template* de forma a evitar um trabalho preliminar para a criação da base do jogo. Se não se tivesse utilizado o *template*, com certeza não se teria atingido uma fase tão avançada do desenvolvimento do jogo nem teria sido viável a realização de testes com potenciais utilizadores. No entanto, deve-se salientar que apesar de se ter partido de um *template* não tornou a tarefa do desenvolvimento do jogo mais fácil, antes pelo contrário, uma vez que foi necessário compreender perfeitamente o seu funcionamento para que depois se pudesse cumprir o objetivo inicial a que o jogo se tinha proposto, que era substancialmente diferente das funcionalidades básicas oferecidas pelo *template*.

A integração com bibliotecas de geração de PDF tornou-se um obstáculo atendendo a que o *Unity* utiliza a .NET Framework 3, o que leva a que algumas funcionalidades introduzidas na .NET Framework 4 e que permitiriam facilitar o processo não sejam suportadas no *Unity*.

A organização da realização de testes ao jogo também se verificou ser uma tarefa bastante complexa. A organização de um único *focus group* foi uma tarefa que revelou ser inexecutável por não se conseguir encontrar uma data e hora em que todos os participantes tivessem disponibilidade. A solução encontrada passou pela realização de três *focus groups*, cada um com participantes diferentes, que foram apresentados no capítulo 8.

A realização dos *focus groups* foi muito útil uma vez que permitiu contactar com potenciais utilizadores finais, nomeadamente profissionais de saúde que estão atualmente a exercer a sua profissão e sabem o que é fulcral numa ferramenta para as atividades de terapia e reabilitação física.

A participação no evento “Coimbra a Brincar” teve um grande impacto quer a nível pessoal quer a nível do jogo desenvolvido. Até à data da realização do evento, não havia qualquer feedback acerca da reação de potenciais utilizadores, no que aos utentes diz respeito. Havia algum receio que a reação não fosse a pretendida, mas verificou-se que todas as pessoas que experimentaram ou viram o jogo estavam muito entusiasmadas, o que foi motivo de grande satisfação não só pessoal como também do ponto de vista do produto.

Havia também a intenção de realizar testes em ambiente real e clínico e, idealmente, realizar um caso de estudo onde se iria acompanhar o processo de terapia e reabilitação física de um

utente. Não foi possível realizar nenhuma das duas uma vez que não houve disponibilidade de recursos humanos e de uma clínica de acolhimento. No caso do caso de estudo, aliado a esse motivo está também a falta de tempo para o fazer, uma vez que seria um processo que demoraria várias semanas.

Este trabalho foi o ponto de partida para um produto que, certamente, chegará ao mercado e, pelas indicações recolhidas até agora junto dos potenciais utilizadores, tem tudo para ser bem-sucedido. Toda a equipa do projeto está ciente dos desafios e dificuldades pelos quais terá de passar para atingir esse objetivo.

Por último, importa salientar novamente que o objetivo inicial foi atingido com sucesso. O resultado obtido foi de encontro às expectativas de todos os envolvidos no projeto, e foi bastante recompensador poder verificar que o jogo desenvolvido provoca o efeito desejado nos potenciais utilizadores. De facto, a evidência de que o jogo pode ter uma aplicação real e de isso ter sido, de alguma forma, confirmado nos testes realizados e, principalmente, na apresentação pública do produto, foi um grande fator motivacional para a realização deste trabalho.

Capítulo 10

Trabalho futuro

Ao longo do presente estágio foram sendo realizadas algumas alterações e desvios ao plano inicial por motivos relacionados com as ferramentas utilizadas e com o tempo disponível. Assim, apesar de se terem atingido com êxito os objetivos definidos inicialmente, existe a noção de que há espaço para melhorar ou completar alguns aspetos do jogo e a sua validade, tendo em conta que o trabalho realizado foi o início de um caminho a percorrer.

Neste capítulo serão apresentadas as principais melhorias e correções que podem ser feitas ao trabalho desenvolvido, tendo em conta o feedback que foi sendo obtido por parte de potenciais utilizadores, principalmente nos *focus groups* e no evento “Coimbra a Brincar”, e a necessidade de reforçar a validade do produto criado.

Deste modo, o trabalho futuro pode ser dividido em 4 áreas principais: funcionalidades, experiência e validações do jogo e integração no *PhysioSensing*.

O jogo desenvolvido é uma prova de conceito que contém as várias funcionalidades essenciais, conforme definido pela equipa de projeto e pelos profissionais de saúde com os quais se manteve sempre um contacto próximo. No entanto, o feedback que foi sendo recebido ao longo do desenvolvimento e, especialmente, nos *focus groups* realizados e na apresentação pública do jogo, permite criar um conjunto de funcionalidades que podem ser adicionadas às que atualmente existem. Estas são:

- Criar alguma forma automática de detetar se o utente se desequilibrou durante o jogo e registar essa informação no relatório clínico;
- Introduzir novas situações terapêuticas: transferência de carga nas diagonais e movimentos com os membros superiores;
- Permitir que se personalize o tempo de intervalo entre cada situação de jogo;
- Disponibilizar um meio de visualizar a evolução e comparar resultados das sessões ao longo do tempo.

Em relação à experiência de jogo, foi algo que não foi muito refinado por se ter dado prioridade ao desenvolvimento das funcionalidades principais, para que essa parte pudesse ser testada como um todo. Deste modo, as principais melhorias que podem ser feitas nesta área são as seguintes:

- Realizar novos desafios, diferentes em cada sessão;
- Disponibilizar outros ambientes de jogo;
- Criar tutorial a indicar como se joga o jogo;
- Implementar um sistema de recompensas, onde se atribuem medalhas e/ou bónus que representam o alcance de um objetivo real no processo de reabilitação do utente;
- Refinar a interface e os menus de jogo;
- Disponibilizar uma maior diversidade de animações e sons.

Relativamente a validações do jogo, foram feitos vários testes com potenciais utilizadores, nos quais foi evidenciado que se está a seguir o caminho certo, e que o jogo cumpre os objetivos a que se propõe e tem o efeito desejado neles. No entanto, estava prevista a realização de testes

e validações clínicas, em ambiente real, com profissionais de saúde e utentes e, idealmente, a realização de um caso de estudo através do acompanhamento de um utente ao longo de várias sessões de terapia e reabilitação física. Estes testes não foram possíveis de realizar mas continua a existir essa vontade, pelo que será algo a realizar no futuro.

Por fim, a integração do jogo no *PhysioSensing* é uma tarefa que não teve oportunidade de ser realizada sendo, no entanto, necessária. Essa integração irá permitir o acesso à base de dados do *software* que, por sua vez, permitirá a gestão de contas de utilizadores e de perfis de utentes, assim como o registo dos resultados obtidos em cada sessão de forma a ser possível criar um meio para visualizar a evolução e comparar resultados das sessões ao longo do tempo. Além disso, será feita a integração com a nova plataforma de pressão do *PhysioSensing*.

Em suma, e tendo em conta os desvios ocorridos ao longo do desenvolvimento do jogo, os objetivos do estágio foram atingidos, existindo no entanto a necessidade de melhorar cada vez mais o produto uma vez que, tal como foi referido no capítulo anterior, o trabalho realizado ao longo do estágio foi apenas o ponto de partida para algo maior.

Referências

Alankus, G., Lazar, A., May, M., & Kelleher, C. (2010). Towards Customizable Games for Stroke Rehabilitation. *Proceedings of the 28th International Conference On Human Factors in Computing Systems – CHI '10*, 2113-2122. doi:10.1145/1753326.1753649

Barela, A., & Duarte, M. (2011). Utilização da plataforma de força para aquisição de dados cinéticos durante a marcha humana. *Brazilian Journal of Motor Behavior*, 2011, 6(1):56-61.

Beck, K., et al. (2001). Principles behind the Agile Manifesto. Acedido a 02/01/2016 em <http://agilemanifesto.org/principles.html>

Bieryla, K., & Dold, N. (2013). Feasibility of Wii Fit training to improve clinical measures of balance in older adults. *Clinical Interventions in Aging*, 8:775–781. doi:<http://doi.org/10.2147/CIA.S46164>

Brown, S. (2015). *The Art of Visualising Software Architecture: Communicating software architectures with sketches, diagrams and the C4 model*. Leanpub.

Chen, P., Wei, S., Hsieh, W., Cheen, J., Chen, L., & Kao, C. (2012). Lower limb power rehabilitation (LLPR) using interactive video game for improvement of balance function in older people. *Archives of Gerontology and Geriatrics* 55(3):677-82. doi:10.1016/j.archger.2012.05.012

Coordinate mapping. (n.d.). Acedido a 20/04/2016 em <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/dn785530.aspx?f=255&MSPPErrror=-2147217396>

Doná, F., Araújo, J., Maia, D., Alves, A., & Kasse, C. (2014). Jogos eletrônicos na reabilitação do equilíbrio corporal em idoso com doença vestibular: caso clínico. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, 12(1):693-702. doi:<http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v12i1.1453>

empira Software GmbH. (2015). Home of PDFsharp and MigraDoc Foundation. Acedido a 18/04/2016 em <http://www.pdfsharp.net/MainPage.ashx>

Gabrielli, S., Maimone, R., Costa, C., Ascolese, A., Jonsdottir, J., Klein, W., & Bendersky, G. (2014). A game-based solution for in-home rehanilitation. *PERGAMES 2014*, Roma, Itália.

Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., Vlissides, J. (1995). *Design patterns: Elements of reusable object-oriented software*. Reading, Mass: Addison-Wesley.

Gerling, K., Schild, J., & Masuch, M. (2010). Exergame design for elderly users: the case study of SilverBalance. *Proceedings of the 7th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, Taipé, Taiwan, 66-69.

Imas, S. (2013, August 08). Study: Video Games Are A Great Way To Rehabilitate Stroke Victims. Acedido a 25/10/2015 em <http://nocamels.com/2013/08/study-video-games-are-a-great-way-to-rehabilitate-stroke-victims/>

Instituto Nacional de Estatística. (2015). Causas de morte 2013 (Edição 2015). Lisboa; Instituto Nacional de Estatística, I.P. Acedido a 24/10/2015 em https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=230098832&PUBLICACOESmodo=2&xlang=pt

JointType Enumeration. (n.d.). Acedido a 06/04/2016 em <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/microsoft.kinect.jointtype.aspx>

Kinect for Windows SDK 2.0. (n.d.). Acedido a 06/04/2016 em <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=44561>

Kinect hardware. (n.d.). Acedido a 20/04/2016 em <https://developer.microsoft.com/en-us/windows/kinect/hardware>

Kinect hardware requirements and sensor setup. (n.d.). Acedido a 06/04/2016 em <https://developer.microsoft.com/en-us/windows/kinect/hardware-setup>

Mann, L., Kleinpaul, J. F., Teixeira, C. S., & Mota, C. B. (2011). Influência dos sistemas sensoriais na manutenção do equilíbrio em gestantes. *Fisioterapia em Movimento*, 24(2):315-325. doi:10.1590/S0103-51502011000200013

Nichols, M., Townsend, N., Scarborough, P., & Rayner, M. (2012). European cardiovascular disease statistics 2012. *European Heart Network, Brussels, European Society of Cardiology, Sophia Antipolis*. Acedido a 24/10/2015 em https://www.escardio.org/static_file/Escardio/Press-media/press-releases/2013/EU-cardiovascular-disease-statistics-2012.pdf

Playing your way back to good health. (2015, March 23). *Metro Vancouver*, p. 16. Acedido a 19/12/2015 em http://issuu.com/metro_canada/docs/20150323_ca_vancouver

Rossi, M., Soto, A., Santos, S., Sesar, A., & Labella, T. (2009). A prospective study of alterations in balance among patients with Parkinson's Disease. *Eur Neurol* 2009, 61(3):171-176. doi:10.1159/000189270

Rubin, P. (2013, May 21). Exclusive First Look at Xbox One [Blog post]. Acedido a 20/04/2016 em <http://www.wired.com/2013/05/xbox-one/>

Sensing Future Technologies. (2015). FallSensing – Technological solution for fall risk screening and falls prevention; Código Universal: POCI-01-0247-FEDER-003464. Portugal 2020

Sensing Future Technologies. (2014). Catálogo do *PhysioSensing*. Acedido a 22/10/2015 em <http://www.sensingfuture.pt/images/Catalogos/PhysioSensing.pdf>

Silverman, D. (2012, November 28). How to learn UDK (the Unreal Development Kit) [Blog post]. Acedido a 18/11/2015 em <http://gamedevelopment.tutsplus.com/articles/how-to-learn-udk-the-unreal-development-kit--gamedev-2895>

Srivastava, A., Taly, A., Gupta, A., Kumar, S., & Murali, T. (2009). Post-stroke balance training: role of force platform with visual feedback technique. *Journal of the Neurological Sciences* 287:89–93. doi:10.1016/j.jns.2009.08.051

Startup Compete. (2013, January 31). Rehabtics. Acedido a 19/12/2015 em <http://startupcompete.co/startup-idea/life-sciences-social-entrepreneurship-it/rehabtics/11787>

Unity Technologies. (2016). Animator Component. Acedido a 01/05/2016 em <https://docs.unity3d.com/Manual/class-Animator.html>

Wilcox, M. (2014, September 16). Top Game Development Tools: Pros and Cons [Blog post]. Acedido a 28/11/2015 em <http://www.developereconomics.com/top-game-development-tools-pros-cons/>

World Health Organization. (2014). WHO Mortality Database – 1st May 2013 update. Acedido a 24/10/2015 em http://www.who.int/healthinfo/statistics/mortality_rawdata/en/index.html

Xbox Wire Staff. (2014, July 16). Xbox One Sales More Than Double in June with New \$399 Option and Unveiling of Holiday Games Lineup [Blog post]. Acedido a 05/12/2015 em <http://news.xbox.com/2014/07/16/xbox-one-xbox-one-sales-more-than-double-in-june/>

Yavuzer, G., Eser, F., Karakus, D., Karaoglan, B., & Stam, H. (2006). The effects of balance training on gait late after stroke: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation* 2006, 20:960-969. doi:10.1177/0269215506070315

Apêndice A

Tabela com as 10 referências de produtos concorrentes mais relevantes

Tabela A.1 - 10 referências de produtos concorrentes mais relevantes

Empresa/Entidade	Nome do Produto	Link da página do produto	Análise: Que tipo de jogo? Para que patologia? Que funcionalidades?	Outros links: vídeos, screens, imagens, catálogos
Medicaptureurs	Physioplay	http://www.medicaptureurs.fr/en/produits/8/physioplay	<p>Jogos de equilíbrio e de mudança do CP, simples e com tarefas simples.</p> <p>Permite o desenvolvimento de estratégias de compensação (défice de amplitude), a automatização do gesto e a manutenção da motricidade dos membros de uma forma geral. Alguns dos jogos também podem ajudar a trabalhar funções executivas cognitivas (tomar iniciativa, planear ações) e na reabilitação da apraxia visuo-construtiva e dos distúrbios da atenção (atenção seletiva, heminigligência).</p> <p>Os jogos podem ser personalizados para se adequarem às necessidades e/ou possibilidades físicas reais do utente.</p>	Vídeos dos jogos: https://goo.gl/gmONH6
MiraRehab	Mira	http://www.mirarehab.com/	Jogos baseados em exercícios de prevenção de quedas. Um deles consiste em controlar uma abelha, mudando o CP para a frente e para trás, que recolhe pólen de flores, desvia-	Vídeo: https://goo.gl/NU0yDb TED Talk:

Empresa/Entidade	Nome do Produto	Link da página do produto	Análise: Que tipo de jogo? Para que patologia? Que funcionalidades?	Outros links: vídeos, screens, imagens, catálogos
			<p>se dos inimigos e coloca o pólen na colmeia. Um outro consiste num leilão, permitindo assim ao utente trabalhar a transição sentado-em pé e em pé-sentado.</p> <p>O sistema acompanha o desempenho do utente, medindo certos parâmetros, tais como a velocidade a que o utente realizou um movimento.</p> <p>A aplicação é totalmente personalizável, com base na patologia e outras condições do utente.</p> <p>Os principais problemas alvo são problemas neurológicos (doença de Parkinson, distúrbios nos reflexos, AVC, miopatia proximal, danos cognitivos) e ortopédicos (osteoartrite, osteoporose, pós-operatório, fraturas, postura, fraqueza dos músculos, osteomalacia).</p>	<p>https://goo.gl/xfQC01</p> <p>Imagem: http://goo.gl/3q7g7V</p>
Genious Games	Serious Games	http://www.curapy.com/	<p>O jogo “TOAP Run” deste produto é interessante pelo seu <i>design</i> e por apresentar diferentes cenários.</p> <p>É um jogo em que o utente controla a personagem de jogo e tem de recolher o máximo de itens, desviando-se de obstáculos. São oferecidos vários níveis em</p>	<p>Apresentação do “Curapy”: https://goo.gl/tBliOi</p> <p>Vídeo do jogo: https://goo.gl/6wzEKr</p> <p>Página do jogo: http://goo.gl/bHYTup</p>

Empresa/Entidade	Nome do Produto	Link da página do produto	Análise: Que tipo de jogo? Para que patologia? Que funcionalidades?	Outros links: vídeos, screens, imagens, catálogos
			<p>diferentes cenários. Há também a possibilidade de interagir com música, fazendo a personagem de jogo mover-se ao ritmo dela. Se o ritmo aumenta, a velocidade de execução dos gestos também se torna mais rápida. O jogo multiplica as solicitações visuais, sonoras e cognitivas para encorajar o utente a superar e melhorar a sua pontuação.</p> <p>São recolhidos dados do jogo para medir habilidades motoras do utente em termos de amplitude, velocidade de execução e aceleração do movimento.</p> <p>O jogo foi projetado para ajudar a tratar as seguintes patologias: doença de Parkinson, perturbações da marcha e perturbações do equilíbrio.</p>	
Brontes Processing	SeeMe	http://www.virtual-reality-rehabilitation.com/products/seeme/what-is-seeme	<p>Este produto destaca-se pela boa quantidade de jogos de qualidade, onde se realçam 3 deles.</p> <p>- “Gym”: O objetivo do jogo consiste em controlar a personagem de jogo que destrói cubos verdes (recebe pontos) e evita cubos cinzentos (perde bónus) e vermelhos (perde pontos). A disposição e a velocidade com que os cubos aparecem e desaparecem, bem como a dinâmica de todo o jogo estão</p>	<p>Página do “Gym”: http://goo.gl/DK4Zpc</p> <p>Vídeo do “Gym”: https://goo.gl/6RT8iE</p> <p>Página do “Slide”: http://goo.gl/WGY2c4</p> <p>Página do “Oarsman”: http://goo.gl/F5PSdl</p>

Empresa/Entidade	Nome do Produto	Link da página do produto	Análise: Que tipo de jogo? Para que patologia? Que funcionalidades?	Outros links: vídeos, screens, imagens, catálogos
			<p>sujeitos a modificação. O módulo demonstra e regista com precisão a diferença na velocidade de movimento entre os lados esquerdo e direito do corpo.</p> <p>Serve para aumentar e examinar a velocidade do tempo de reação.</p> <p>- “Slide”: A tarefa do utente é orientar a bola com movimentos do seu corpo. Ao inclinar o corpo, o utente afeta a velocidade e a direção da bola. O módulo é utilizado para a prática da inclinação do tronco e da manutenção do equilíbrio em todas as direções. A forma da pista é configurável e pode exigir que o utente mantenha uma posição estável ou se ajuste dinamicamente para contornar as curvas. O módulo também desenvolve a capacidade de prever os movimentos na pista e a capacidade de tomar decisões sobre travar e acelerar.</p> <p>- “Oarsman”: este jogo consiste em mover uma canoa em linha reta com movimentos simples. O objetivo é fazer o percurso no menor tempo possível. Quanto mais rápidos forem os movimentos efetuados pelo utente, com mais velocidade anda a canoa. O módulo foi concebido para praticar os movimentos envolvidos na ação de se</p>	<p>Vídeo do “Oarsman”: https://goo.gl/wBDaPY</p>

Empresa/Entidade	Nome do Produto	Link da página do produto	Análise: Que tipo de jogo? Para que patologia? Que funcionalidades?	Outros links: vídeos, screens, imagens, catálogos
			<p>levantar e sentar. Os movimentos do jogo podem ser feitos de duas formas: fazendo agachamentos ou transições sentado-em pé. Os resultados alcançados pelo utente são guardados para serem comparados de forma a motivá-lo a quebrar o seu recorde. Pode-se configurar a distância do percurso e o quão o utente tem de se agachar ou levantar para surgir efeito no jogo.</p>	
Hocoma	Valedo Therapy Concept – ValedoMotion	http://www.hocoma.com/world/en/products/valedo-therapy-concept/valedomotion-20/	<p>Este produto contém 2 jogos com um conceito interessante.</p> <p>No primeiro o objetivo é, estritamente, manter o equilíbrio e a postura direita para controlar o equilíbrio de um tabuleiro que uma lagarta segura sobre a sua cabeça. Em cima do tabuleiro estão umas bolas que se caírem fazem com que o jogador perca pontos. O jogador começa com um determinado número de pontos e o jogo tem um temporizador.</p> <p>No segundo o objetivo é distribuir a fruta que vai caindo pelos cestos adequados. Neste jogo, o utente trabalha a inclinação do tronco para a esquerda e para a direita e trabalha também funções cognitivas, tendo de reconhecer que fruta está a cair, associá-la ao cesto correto e mudar o seu CP de forma</p>	<p>Folheto do produto completo: http://goo.gl/IfFzqX</p> <p>Vídeo “ValedoMotion”: https://vimeo.com/25514148</p> <p>Vídeo do jogo da lagarta: https://vimeo.com/25360579</p> <p>Vídeo do jogo da fruta: https://vimeo.com/25360907</p>

Empresa/Entidade	Nome do Produto	Link da página do produto	Análise: Que tipo de jogo? Para que patologia? Que funcionalidades?	Outros links: vídeos, screens, imagens, catálogos
			a colocar a fruta no cesto correto.	
Hocoma	Armeo Therapy Concept – Armeo Software	http://www.hocoma.com/world/en/products/armeo/armeo-software/	<p>O <i>software</i> “Armeo” é composto por exercícios na forma de jogos. Dois deles saltam à vista pela sua utilidade.</p> <p>Um deles consiste em controlar uma bola para recolher todas as moedas que se encontram dentro de uma cerca. Isto exigirá que o utente mova o seu braço em todas as direções e pode ajudar a detetar algum ponto a que o utente tem dificuldade a chegar ou não consegue de todo atingir.</p> <p>No outro o utente veste o fato de canalizador, colocando canos numa rede de canalização incompleta. Com isto, o utente tem de alcançar certas posições e manter o braço num certo ponto durante um determinado tempo, quer para apanhar o cano, quer para o colocar no lugar. Além disso, cada cano tem uma forma diferente, o que permite que o utente trabalhe capacidades cognitivas ao ter de identificar a forma do cano e de programar o sítio onde o tem de colocar.</p> <p>Os jogos podem ser facilmente adaptados para cada necessidade dos utentes, quer seja a dificuldade (habilidades motoras) quer seja</p>	<p>Vídeo “Roll The Ball”: https://vimeo.com/124811379</p> <p>Vídeo “Plumber”: https://vimeo.com/124811324</p>

Empresa/Entidade	Nome do Produto	Link da página do produto	Análise: Que tipo de jogo? Para que patologia? Que funcionalidades? detalhes visuais (habilidades cognitivas).	Outros links: vídeos, screens, imagens, catálogos
RM Ingénierie	RM. Feedback Platform	http://www.rmingenierie.net/rm-feedback-platform-2	<p>São oferecidos muitos jogos mas dois deles são diferentes dos restantes que já foram vistos.</p> <p>Num deles, o utente controla a personagem de jogo que faz ski, fazendo-o passar entre as diversas bandeiras com a mudança do seu CP. Movimentos nas direções esquerda-direita fazem a personagem de jogo mudar de direção, movimentos nas direções ântero-posterior fazem a personagem de jogo andar com mais ou menos velocidade. Isto trabalha a capacidade motora de mudar o CP e mantê-lo durante algum tempo. Além disso, é simulada a prática de um desporto, o que pode ser bastante estimulante.</p> <p>O outro jogo trabalha capacidades cognitivas além das capacidades motoras. O jogo simula uma atividade da vida diária: ir às compras ao supermercado. O utente tem uma lista de compras e tem de andar pelo supermercado à procura dos produtos que precisa. Além do utente estar a trabalhar a mudança do CP, trabalha também funções cognitivas importantes como, por exemplo, memória e associação.</p>	<p>Imagem “Ski”: http://goo.gl/ppFAW1</p> <p>Vídeo “Ski”: https://goo.gl/6xzODp</p> <p>Vídeo “Supermercado”: https://goo.gl/AauJLt</p>

Empresa/Entidade	Nome do Produto	Link da página do produto	Análise: Que tipo de jogo? Para que patologia? Que funcionalidades?	Outros links: vídeos, screens, imagens, catálogos
RM Ingénierie	BioVal	http://www.rmingenierie.net/bioval	<p>Os jogos deste produto são para os membros superiores mas podem ser adaptados facilmente aos membros inferiores.</p> <p>Um dos jogos requer que o utente controle um esquilo com movimentos nas direções esquerda-direita de forma a apanhar bolotas que vão caindo. O objetivo prático deste jogo é treinar a amplitude do movimento.</p> <p>No outro o utente controla um avião, fazendo movimentos em todas as direções com o seu braço para se desviar de nuvens negras.</p> <p>Além de capacidades motoras, estes jogos também treinam a propriocepção.</p>	<p>Vídeo de apresentação do “BioVal”: https://goo.gl/GfWksi</p> <p>Imagem “Avião”: http://goo.gl/3BRE38</p>

Apêndice B

Tabela com outras referências relevantes

Tabela B.1 - Outras referências relevantes

Link	Análise
Vídeo: https://youtu.be/dqJ0DYBRXhI?t=4m38s [4:38]	Jogo “Pong” com a particularidade de se controlarem 2 cursores. Trabalha e ajuda em funções cognitivas de nível superior, tais como: atenção, concentração e perceção. A nível motor integra e exercita a parte do corpo afetada, melhora a propriocepção da extremidade ou parte afetada, a coordenação das duas mãos e o controlo das reações associadas. A nível visual trabalha a fixação visual, o seguimento dos objetos e a acuidade visual.
NATUS Neurocom – SMART Balance Master Vídeo: http://goo.gl/fgdPLf [13:30]	No Teste de Organização Sensorial a reação do utente é interessante sobretudo com o movimento da base e do ambiente. A sensação de que o meio envolvente se está a mover, tal como quando se sente tonturas, influencia o equilíbrio.
Hocoma Xmas Jogo online: http://christmas.hocoma.com/unity/Xmas_Webplayer.html	Jogo interessante pela disponibilização “power-ups” ao longo do percurso, tornando-o por isso menos aborrecido.
Wii Fit Plus – Perfect 10 Vídeo: https://www.youtube.com/watch?v=SkOi_yciuNg	Jogo composto por funções cognitivas (raciocínio e associação), aliadas ao treino dos membros inferiores. O exercício cognitivo deste jogo consiste em efetuar operações matemáticas.
Wii Fit Plus – Table Tilt Plus	O objetivo deste jogo é colocar as bolas que estão em cima de um

<p>Vídeo: https://www.youtube.com/watch?v=Dnx_ZUMnrCo</p>	<p>tabuleiro dentro dos buracos. Para isso o utilizador tem de se inclinar, mudando o seu CP, para controlar a inclinação do tabuleiro. É um jogo desafiante que exige um bom controlo dos movimentos.</p>
<p>Wii Fit Plus – Soccer Heading Vídeo: https://www.youtube.com/watch?v=LMrriT_2XLA</p>	<p>Neste jogo o utilizador tem apenas de se inclinar para a esquerda ou para a direita, ou manter-se equilibrado no centro da plataforma. No entanto, o jogo torna-se interessante pelo facto de exigir que o utilizador esteja concentrado pois terá que cabecear as bolas que vêm na sua direção, desviando-se de outros objetos que lhe tiram pontos.</p>
<p>Wii Fit U – Dessert Course Vídeo: https://www.youtube.com/watch?v=NAwcMIggEW4</p>	<p>Este jogo trabalha, ao mesmo tempo, a mudança do CP e o equilíbrio de 2 formas diferentes e recorrendo a 2 controladores: “Balance Board” e “GamePad”. O utente controla o movimento da personagem do jogo com a mudança do CP na “Balance Board” e controla o equilíbrio da bandeja com o “GamePad”. Isto é algo que requer muita concentração e coordenação. Para adaptar este jogo ao “PhysioSensing”, poder-se-ia definir que um pé serviria para mover a personagem de jogo e outro para equilibrar a bandeja, o que exigiria ainda mais concentração e coordenação motora.</p>
<p>Wii Fit Plus – Segway Circuit Vídeo: https://www.youtube.com/watch?v=DeTaWQwRtY</p>	<p>O utente controla o movimento da personagem de jogo, que faz movimentar uma <i>segway</i> na praia, tendo de rebentar bolas e evitar obstáculos (árvores, pessoas, toupeiras). No fim tem de perseguir uma toupeira que rouba a última bola. O objetivo prático do jogo é o utilizador controlar a mudança do CP. Além disso, há uma simulação de andar de <i>segway</i> muito perto do real.</p>

Apêndice C

Descrição detalhada de cada categoria de jogo

Neste apêndice é feita a descrição detalhada de cada categoria tendo em conta os movimentos base, os *outputs* produzidos, o tipo de aplicação e o *hardware* utilizado. Além disso é apresentado um ou dois exemplos de jogos que se enquadram na categoria.

Categoria 1: Labirintos

Nesta categoria o campo de jogo é um labirinto no qual o jogador controla uma bola ou a inclinação do campo de jogo e tem de encontrar um caminho para chegar de um lado ao outro ou apanhar todos os itens que vão aparecendo.

Os movimentos base são a mudança do CP em todas as direções. Dependendo do tipo de jogo pode ser para a esquerda e direita, frente e trás, ou uma combinação das anteriores, levando a movimentos também nas diagonais.

Os *outputs* produzidos por este tipo de jogos são a pontuação obtida no jogo, as pontuações obtidas ao longo do tempo e o tempo total para chegar à saída do labirinto ou para apanhar todos os itens.

Os jogos desta categoria têm aplicação tanto cognitiva como física, uma vez que o jogador, além de ter de controlar o movimento da bola ou do campo de jogo, tem de encontrar um caminho de saída, seja ao defini-lo previamente, seja por tentativa e erro, onde a memória será essencial para não repetir mais que uma vez o mesmo caminho.

O *hardware* que é utilizado neste tipo de jogos é muito variado, podendo ser usadas plataformas de força, a Wii Balance Board, o Kinect e assentos.

A Figura C.1 representa um exemplo de um destes jogos. Neste caso o jogador controla não o movimento da bola, mas sim a inclinação do campo de jogo. Pode-se verificar que a bola de jogo está na parte inferior direita do campo de jogo e que a saída está, sensivelmente, no seu centro.

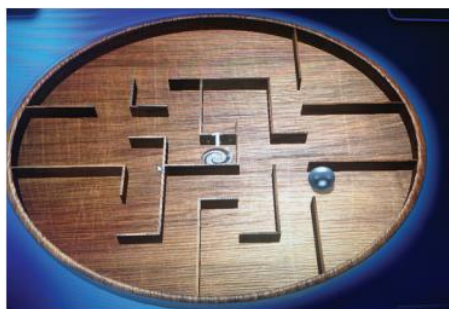


Figura C.1 - Jogo do produto Humac Balance da CSMI²¹

²¹ Humac Balance da CSMI: <http://www.csmisolutions.com/products/balance-assessment/humac-balance>

Categoria 2: Equilíbrio

Nesta categoria o objetivo é manter o equilíbrio sagital e ântero-posterior ou manter um deles e fazer variar o outro.

Os movimentos base dependem dos tipos de equilíbrio que o jogo exige que sejam mantidos. No caso de se ter que manter ambos os tipos de equilíbrio não há movimentos a fazer, isto é, o jogador tem de se manter em equilíbrio num determinado ponto. Caso seja necessário manter o equilíbrio apenas num dos planos e fazer variá-lo no outro plano, os movimentos são simplesmente a mudança do CP para a esquerda e para a direita ou para trás e para a frente.

Os *outputs* produzidos por este tipo de jogos são a pontuação obtida no jogo (que é tanto melhor quanto o tempo que se passe na posição de equilíbrio), o tempo total na posição de equilíbrio e fora dela, o tempo necessário para atingir a posição de equilíbrio definida e a percentagem de tempo em equilíbrio.

Os jogos desta categoria têm aplicação maioritariamente física, uma vez que o jogador só tem de manter a sua postura e o seu equilíbrio.

O *hardware* que é utilizado neste tipo de jogos são as plataformas de força e a Wii Balance Board.

A Figura C.2 representa um exemplo em que o jogador controla o equilíbrio da personagem do jogo com apoio unipedal. O objetivo é manter o equilíbrio durante um determinado período de tempo para que a personagem do jogo não caia. A Figura C.3 representa um exemplo em que o jogador controla o equilíbrio do tabuleiro que está por cima da personagem do jogo. O objetivo é manter o equilíbrio durante um determinado período de tempo, para que as bolas que estão em cima do tabuleiro não caiam.



Figura C.2- Jogo do produto Physiofun Balance Training da Kaasa Health²²



Figura C.3 - Jogo do produto ValedoMotion da Hocoma

Categoria 3: Saltos

Nesta categoria o jogador tem de saltar a fim de produzir efeito no jogo.

O movimento base é essencialmente o que foi referido atrás: saltar.

²² Physiofun Balance Training: <http://www.physiofun.com/index.php/en/physiofun-by-kaasa-health-gmbh-balance-training>

Os *outputs* produzidos por este tipo de jogos são o tempo de reação, a profundidade e diferenças angulares dos movimentos realizados, a velocidade a que se realizou um movimento e a força exercida ao longo do tempo.

Os jogos desta categoria têm aplicação maioritariamente física, uma vez que os jogadores só precisam de executar os movimentos base, sem terem de trabalhar funções cognitivas.

O *hardware* que é utilizado neste tipo de jogos são as plataformas de força e o Kinect.

A Figura C.4 representa um exemplo em que o jogador tem de simular o salto à corda, controlando para isso uma personagem de jogo que irá saltar quando o jogador também o fizer.



Figura C.4 - Jogo do produto Gamma Dynamographic Platform da AC International East²³

Categoria 4: Seguir alvo

Nesta categoria o jogador controla algo como, por exemplo, uma bola, e tem de se manter dentro de uma zona que se vai movimentando com movimentos pré-definidos ou aleatórios. O movimento da zona pode também ser brusco e, nesse caso, o jogador tem de se recolocar dentro dela o mais depressa possível.

Os movimentos base são a mudança do CP em todas as direções. Dependendo do tipo de jogo pode ser para a esquerda e direita, frente e trás, ou uma combinação das anteriores, levando a movimentos também nas diagonais.

Os *outputs* produzidos por este tipo de jogos são o tempo total dentro do alvo e fora dele e o tempo de reação.

Os jogos desta categoria têm aplicação maioritariamente física, uma vez que consistem em seguir pontos ou alvos que se vão movimentando pelo ecrã, através da realização dos movimentos base, sem estar a trabalhar especificamente capacidades cognitivas.

O *hardware* que é utilizado neste tipo de jogos são apenas as plataformas de força.

A Figura C.5 representa um exemplo de um destes jogos, em que o jogador controla o movimento de uma abelha e tem de seguir um alvo que se vai movimentando, representado na imagem por um retângulo semitransparente.

²³ Gamma Dynamographic Platform: <http://acinternational-east.pl/en/gamma-2/>



Figura C.5 – Jogo do produto Physioplay da Medicapteurs²⁴

Categoria 5: ADL

Os jogos desta categoria têm como base a simulação de ações comuns do dia-a-dia (ADL do inglês “*Activities of Daily Living*”) como, por exemplo, ir às compras ao supermercado.

Os movimentos base são a mudança do CP para a esquerda e para a direita, para frente e para trás.

Os *outputs* produzidos por este tipo de jogos são a pontuação obtida no jogo, as pontuações obtidas ao longo do tempo e a amplitude do movimento.

Os jogos desta categoria têm aplicação tanto cognitiva como física, uma vez que o jogador tem de realizar os movimentos base, trabalhando simultaneamente funções cognitivas importantes como, por exemplo, a memória.

O *hardware* que é utilizado neste tipo de jogos é variado, podendo ser usadas plataformas de força, dispositivos específicos para membros superiores e sensores no corpo.

A Figura C.6 representa um exemplo de um destes jogos. No início do jogo é apresentada uma lista de compras ao jogador, que tem de controlar o movimento de um carrinho de compras ao longo de um supermercado, enquanto anda à procura dos produtos que estavam na lista de compras. Para recolher o produto para o carrinho, tem de se manter junto a esse produto durante alguns segundos.



Figura C.6 - Jogo do produto RM. Feedback Platform da RM Ingénierie

Categoria 6: Alcançar posição

O objetivo dos jogos desta categoria é o jogador mudar o seu CP em todas as direções, com o intuito de alcançar uma ou várias posições indicadas no ecrã. Além disso, há a

²⁴ Physioplay: <http://www.physioplay.fr/>

possibilidade do jogador ter de aguentar o equilíbrio nessas posições durante um determinado período de tempo. Alguns destes jogos têm ainda o objetivo de verificar toda a amplitude do movimento e de ajudar a detetar problemas no caso de o jogador ter dificuldades ou não conseguir de todo chegar a um ponto.

Os movimentos base, como já foi referido no parágrafo anterior, são a mudança do CP em todas as direções. Dependendo do tipo de jogo pode ser para a esquerda e para a direita, para a frente e para trás, ou uma combinação das anteriores, levando a movimentos também nas diagonais.

Os *outputs* produzidos por este tipo de jogos são a pontuação obtida no jogo, o tempo de reação, o tempo total para alcançar todas as posições definidas, o tempo médio para alcançar uma posição e a amplitude do movimento. É também registada a distribuição do peso ao longo do exercício.

Os jogos desta categoria têm aplicação maioritariamente física, uma vez que consistem em alcançar pontos que estão ou que vão aparecendo no ecrã, através da realização dos movimentos base, sem estar a trabalhar especificamente capacidades cognitivas.

O *hardware* que é utilizado neste tipo de jogos é variado, podendo ser usadas plataformas de força, o Kinect e dispositivos específicos para superiores.

A Figura C.7 representa um exemplo de um jogo em que vão surgindo coelhos numa das doze posições indicadas no ecrã e o jogador (representado no jogo por um círculo com duas pegadas no seu interior) tem de se movimentar de forma a alcançar a posição do coelho. A Figura C.8 representa um exemplo de um jogo que verifica a amplitude do movimento do jogador. O jogador controla o movimento de uma bola e tenta chegar a todos os pontos assinalados no ecrã com moedas. Caso não consiga atingir algum ponto, quer dizer que a sua amplitude do movimento está, por algum motivo, limitada.

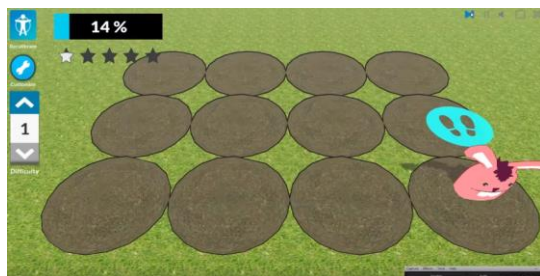


Figura C.7 - Jogo do produto Jintronix Rehabilitation System da Jintronix²⁵



Figura C.8 - Jogo do produto Armeo da Hocoma²⁶

Categoria 7: Seguir caminho

Nos jogos desta categoria o jogador tem de seguir um caminho previamente definido ou que vai surgindo à medida que se progride no jogo, podendo ter de se desviar de obstáculos.

Os movimentos base são a mudança do CP em todas as direções. Dependendo do tipo de jogo pode ser para a esquerda e direita, frente e atrás, ou uma combinação das anteriores, levando a movimentos também nas diagonais.

²⁵ Jintronix: <http://www.jintronix.com/>

²⁶ Armeo: <https://www.hocoma.com/world/en/products/armeo/>

Os *outputs* produzidos por este tipo de jogos são a pontuação obtida no jogo, informações acerca de desvios da inclinação ideal nos eixos dianteiro/traseiro e esquerda/direita, o tempo total para percorrer o caminho e o tempo dentro e fora do caminho.

Os jogos desta categoria têm aplicação maioritariamente física, uma vez que o jogador apenas precisa de realizar os movimentos base para seguir um caminho o que, à partida, conseguirá fazer sem muito esforço cognitivo.

O *hardware* que é utilizado neste tipo de jogos é muito variado, podendo ser usadas plataformas de força, o Kinect, assentos, sensores no corpo, dispositivos específicos para membros superiores e dispositivos específicos para membros inferiores.

A Figura C.9 representa um exemplo de um destes jogos em que o jogador controla o movimento de uma bola para percorrer um caminho.

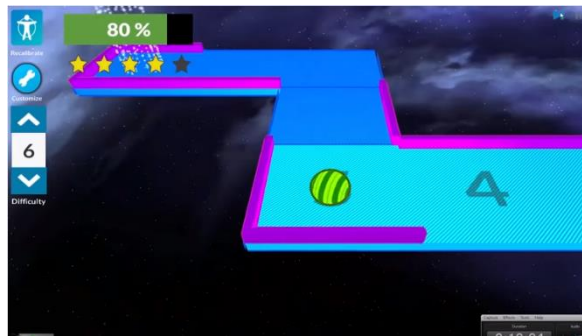


Figura C.9 - Jogo do produto Jintronix Rehabilitation System da Jintronix

Categoria 8: Pong

Esta categoria abrange muitos jogos que, apesar de serem diferentes uns dos outros, têm a mesma base: controlar um cursor ou uma personagem com movimentos bilaterais, com o objetivo de apanhar ou intercepar bolas ou outros objetos. Há também a possibilidade de serem jogos em que se tem de desviar de obstáculos ou inimigos e de ter de atingir inimigos com tiros de, por exemplo, uma nave que é controlada pelo jogador. Por fim, são incluídos também jogos de desporto com o mesmo tipo de movimentos e objetivos, sendo usadas apenas as regras básicas de cada desporto.

Os movimentos base são a mudança do CP em todas as direções. Dependendo do tipo de jogo, os movimentos podem ser para a esquerda e direita, frente e trás, ou uma combinação das anteriores, levando a movimentos também nas diagonais.

Os *outputs* produzidos por este tipo de jogos são a pontuação obtida no jogo, o tempo de reação, dados sobre a velocidade dos movimentos realizados, número e percentagem de reações certas e erradas a estímulos positivos e negativos, e amplitude do movimento.

Os jogos desta categoria têm aplicação tanto cognitiva como física, uma vez que, além dos movimentos base, o jogador tem de, por exemplo, prever o sítio onde a bola vai cair ou distinguir entre objetos para apanhar e obstáculos dos quais se tem de desviar.

O *hardware* que é utilizado neste tipo de jogos é muito variado, podendo ser usadas plataformas de força, o Kinect, dispositivos específicos para membros superiores, dispositivos específicos para membros inferiores e a Wii Balance Board.

A Figura C.10 representa um exemplo de um jogo em que o jogador controla o movimento de um cursor (representado por uma lagarta) para interceptar e lançar uma bola (representada por um inseto azul) contra objetos (representados por castanhas) que vão desaparecendo à medida que a bola lhes toca. A Figura C.11 representa um jogo em que o jogador controla o movimento de um cesto para apanhar maçãs que vão caindo de três macieiras. As maçãs começam por estar verdes e vão, gradualmente, mudando a sua cor para vermelho. Quando a maçã estiver vermelha, cai da árvore e o jogador tem de a apanhar com o cesto.



Figura C.10 - Jogo do produto Physioplay da Medicapture

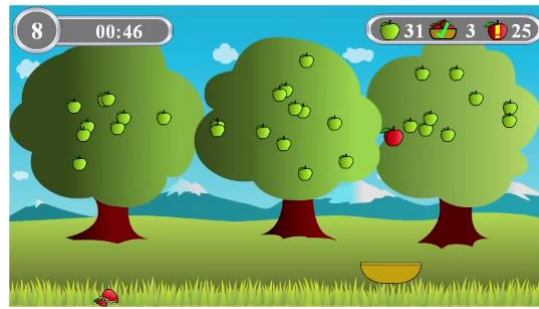


Figura C.11 - Jogo do produto Tymo da Tyromotion²⁷

Categoria 9: Perfil

Os jogos desta categoria consistem em controlar uma personagem vista de perfil que se move num cenário a duas dimensões, aparecendo objetos dos quais o jogador tem de se desviar e objetos que se têm de apanhar. Pode ser uma corrida, uma simulação ou apenas um percurso no qual o jogador se tem de desviar de uns objetos e apanhar outros.

Os movimentos base são a mudança do CP para a esquerda e direita, frente e trás.

Os *outputs* produzidos por este tipo de jogos são a pontuação obtida no jogo, o tempo de reação, gráficos com a variação da força exercida por cada membro inferior e o número e a percentagem de reações certas e erradas a estímulos positivos e negativos, e amplitude do movimento.

Os jogos desta categoria têm aplicação tanto cognitiva como física, uma vez que, além de o jogador ter de realizar os movimentos base para controlar a personagem do jogo, tem também de distinguir, pelo menos, 2 objetos diferentes: um objeto que lhe permite ganhar pontos ou bónus e outro objeto que lhe retira pontos ou vidas.

O *hardware* que é utilizado neste tipo de jogos é muito variado, podendo ser usadas plataformas de força, o Kinect, dispositivos específicos para os membros superiores e dispositivos específicos para os membros inferiores.

A Figura C.12 representa um exemplo de um destes jogos em que o jogador controla o movimento ascendente e descendente de um urso para que este possa apanhar potes de mel e desviar-se de abelhas.

²⁷ Tymo: <http://tyromotion.com/en/products/tymo>



Figura C.12 - Jogo do produto Riablo da CoRehab

Categoria 10: Frente/Simulação

Nesta categoria estão englobados os jogos 3D, em que se controla uma personagem ou um veículo e que se jogam de frente para o cenário de jogo que se move, podendo o movimento ser provocado pela mudança do CP ou pela simulação do andar/marcha. Esta categoria engloba também jogos que simulam a prática de atividades radicais e de voo, embora de um modo pouco realista.

Os movimentos base são a mudança do CP em todas as direções e, nalguns casos, o jogador tem também que saltar. Dependendo do tipo de jogo, a mudança do CP pode ser para a esquerda e direita, frente e trás, ou uma combinação das anteriores, levando a movimentos também nas diagonais.

Os *outputs* produzidos por este tipo de jogos são a pontuação obtida no jogo, o tempo de reação, dados sobre o número de passos realizados em intervalos de tempo subsequentes e o número e a percentagem de reações certas e erradas a estímulos positivos e negativos, e amplitude do movimento.

Os jogos desta categoria têm aplicação tanto cognitiva como física pelo mesmo motivo enunciado na categoria anterior, ou seja, o jogador tem de realizar os movimentos base e de distinguir pelo menos dois objetos diferentes.

O *hardware* que é utilizado neste tipo de jogos é variado, podendo ser usadas plataformas de força, o Kinect e sensores no corpo.

A Figura C.13 representa um exemplo de um destes jogos em que o jogador controla uma personagem que tem de apanhar certos objetos e desviar-se de obstáculos. A Figura C.14 representa um exemplo em que o jogador controla um avião que tem de apanhar certos objetos e evitar nuvens negras.



Figura C.13 - Jogo “TOAP Run” do produto Curapy da Genius Serious Games²⁸



Figura C.14 - Jogo do produto BioVal da RM Ingeniería²⁹

Categoria 11: Puzzle/Edutainment

O tipo de jogos contidos nesta categoria consistem em resolver puzzles dos mais variados tipos (tradicionais, baseados em esquemas de cores, etc) ou em treinar conhecimentos gerais (por exemplo fazer reciclagem) ou específicos (por exemplo fazer operações matemáticas). São jogos que têm mais ênfase no treino de funções cognitivas. O termo “*edutainment*” vem da junção das palavras “*educational*” e “*entertainment*”, sendo isso o que se pretende oferecer aos jogadores com este tipo de jogos, isto é, entretenimento aliado ao treino de funções cognitivas através de atividades educativas.

Os movimentos base são a mudança do CP em todas as direções. Dependendo do tipo de jogo, pode ser para a esquerda e direita, frente e trás, ou uma combinação das anteriores, levando a movimentos também nas diagonais.

Os *outputs* produzidos por este tipo de jogos são a pontuação obtida no jogo, o tempo de reação, a amplitude do movimento e a contagem do número de respostas corretas e incorretas.

Os jogos desta categoria apesar de terem aplicação cognitiva e física, incidem mais sobre a componente cognitiva, uma vez que requerem especificamente que o jogador tenha uma boa capacidade cognitiva para, por exemplo, fazer operações matemáticas ou memorizar imagens.

O *hardware* que é utilizado neste tipo de jogos é variado, podendo ser usadas plataformas de força, o Kinect e dispositivos específicos para os membros superiores.

A Figura C.15 representa um exemplo de um destes jogos em que o jogador tem de fazer os movimentos base de forma a selecionar números que somados dão 10.

²⁸ TOAP Run: <http://www.genious-seriousgames.com/portfolio-item/toap-run/>

²⁹ BioVal: <http://www.rmingenieirie.net/bioval>



Figura C.15 - Jogo "Perfect 10" da Wii Fit Plus³⁰

³⁰ Wii Fit Plus: <http://wii-fit.com/>

Apêndice D

Descrição detalhada de cada cenário de jogo

Neste apêndice é feita a descrição detalhada de cada cenário de jogo criado. Os cenários incluem uma breve descrição do jogo, dos diferentes níveis que podem existir e dos movimentos necessários para o jogar, estando presente a possibilidade de utilizar o Kinect para além da plataforma de forças. Os cenários incluem também descrições de como o jogo poderia ser jogado só com uma delas ou com ambas em simultâneo, pelo que há também uma descrição explicativa de como se poderiam controlar dois dispositivos de input ao mesmo tempo.

Cenário de jogo #1 – Tabuleiro

O objetivo do jogo é controlar uma bola ou um tabuleiro com uma bola em cima, para que a bola chegue ao destino pretendido, percorrendo um caminho onde poderá ter que evitar armadilhas e apanhar itens. Se controlar a bola, os movimentos do jogador fazem mover a bola; se controlar o tabuleiro, os movimentos do jogador fazem inclinar o tabuleiro que, por sua vez, irá fazer com que a bola se mova devido às leis da física.

Em termos de movimentos necessários, estes seriam a inclinação do corpo para a esquerda e para a direita, para a frente e para trás, e nas diagonais. Os movimentos detalhados dependem do *hardware* utilizado e serão explicados mais à frente.

Se for utilizada apenas a plataforma de forças, os movimentos passam pela mudança do CP para mudar a direção da bola ou a inclinação do tabuleiro.

Se for utilizado apenas o Kinect, os movimentos passam por inclinar o corpo para um lado ou para o outro. O “terreno” de jogo terá de estar na vertical, o que faz com que o jogador apenas mova a bola ou o tabuleiro para a esquerda e para a direita. A bola começa o percurso no topo e vai descendo com o efeito da gravidade.

Para este cenário de jogo não foram encontradas formas de usar simultaneamente a plataforma de forças e o Kinect, pelo que também não foi idealizada a possibilidade de controlar dois artefactos do jogo ao mesmo tempo.

Relativamente aos níveis que podem existir, nos níveis mais fáceis os movimentos são simples e existe apenas uma bola. Em níveis mais avançados, podem ser adicionadas mais bolas, mais dificuldade ao “terreno” de jogo incluindo mais divisórias e mais armadilhas, introduzir cores nas bolas e nos buracos para ter de se fazer a correspondência correta, introduzir números que têm de ser apanhados para fazer operações aritméticas simples, etc.

Em termos de *outputs* produzidos pelo jogo, poderiam ser: pontuação obtida, pontuações obtidas ao longo do tempo, tempo total para chegar ao destino ou apanhar todos os itens, número de vezes que caiu em armadilhas, número de operações aritméticas realizadas, assim como o número e percentagem de operações corretas e incorretas.

Cenário de jogo #2 – Equilíbrio

O objetivo do jogo é manter a personagem ou algo controlado pela personagem em equilíbrio.

Os movimentos necessários para este jogo são muito simples: o jogador tem de ficar parado na posição de equilíbrio ou inclinar o corpo para a esquerda e para a direita.

Usando apenas a plataforma, o jogador tem de manter o CP no centro da plataforma ou num ponto específico.

Usando apenas o Kinect, o jogador tem de manter o corpo direito na vertical ou na diagonal.

Usando plataforma e Kinect, o jogador tem de equilibrar uma coisa com a plataforma e outra coisa com os braços através do Kinect.

Quanto aos níveis que podem existir, no nível mais fácil seriam usados os dois pés para manter o equilíbrio no centro, enquanto que nos níveis seguintes seriam adicionadas coisas que provocassem o desequilíbrio da personagem do jogo ou do que ela estiver a controlar como, por exemplo, vento, pesos de um dos lados, objetos a serem atirados ou piso irregular. O jogador teria de contrariar essas adversidades, mantendo o equilíbrio não no centro, mas num ponto oposto à adversidade. Para dificultar ainda mais o exercício, seria usado apenas um pé.

Relativamente aos *outputs* produzidos por este jogo, são eles: pontuação obtida (sendo tanto melhor quanto o tempo que se passa na posição de equilíbrio), pontuações obtidas ao longo do tempo, tempo total na posição de equilíbrio e fora dela, tempo até atingir posição de equilíbrio definida, e percentagem de tempo na posição de equilíbrio e fora dela.

Cenário de jogo #3 – Pong

O objetivo primário deste jogo é controlar um cursor para limpar toda a área de jogo através de uma bola.

Os movimentos a executar para o controlo do cursor passam por inclinar ou mover o corpo para a esquerda e para a direita ou para a frente e para trás. Pode-se também movimentar os braços (fletidos ou em extensão) para cima e para baixo. Os movimentos detalhados dependem do *hardware* utilizado e da disposição do cursor (vertical ou horizontal).

Se for utilizada apenas a plataforma, o jogador tem de mudar o CP para movimentar o cursor para a esquerda e para a direita ou para cima e para baixo, conforme a sua disposição.

Se for utilizado apenas o Kinect, o jogador tem de inclinar ou mover o corpo para a esquerda e para a direita e/ou movimentar os braços para cima e para baixo para controlar o cursor, dependendo da sua disposição. Também se podem movimentar os braços de forma a alcançar um ponto específico para, por exemplo, apanhar um “*powerup*”.

Se se utilizar a plataforma e o Kinect simultaneamente, o jogador tem de mudar o CP na plataforma para movimentar o cursor para a esquerda e para a direita ou para cima e para baixo, conforme a sua disposição e, com os braços e recorrendo ao Kinect, pode apanhar “*powerups*” ou controlar outro cursor na vertical.

Este cenário permite a uma boa exploração do jogo ao nível do controlo de mais de uma coisa simultaneamente. Uma das coisas que se pode fazer é o controlo do cursor de uma forma e a obtenção de “*powerups*” de outra forma, através do Kinect ou da junção entre o

Kinect e a plataforma (ver as respectivas descrições). Outra coisa que se pode fazer é variar o número de cursores que se podem controlar simultaneamente, podendo esse número estar entre dois e quatro. O controlo de dois cursores (ambos na horizontal ou ambos na vertical) seria feito através da plataforma, com a condicionante de se movimentarem da mesma forma (efeito de espelho). Se os cursores estiverem na horizontal, continua a ser possível utilizar os braços para apanhar “*powerups*”. Se os dois cursores estiverem na vertical, também podem ser controlados com os braços sem a condicionante atrás referida, uma vez que cada braço controlaria um dos cursores. O controlo de três e quatro cursores surge da combinação entre as duas situações anteriores, ou seja, com a plataforma controlar um ou dois cursores na horizontal e com o Kinect controlar um ou dois cursores na vertical.

Relativamente aos níveis que podem ser oferecidos, no nível mais simples o jogador controla apenas um cursor. À medida que se vai progredindo no jogo, podem ser adicionados mais cursores, mais velocidade à bola, mais resistência ou movimento aos “tijolos”, personagens que têm de ser destruídas, etc. O jogo disponibiliza “*powerups*” positivos e negativos para o jogador: os positivos (ex.: cursor maior, barreira de proteção, bola especial, etc.) têm como função ajudar o jogador a atingir o seu objetivo, por outro lado, os negativos (ex.: cursor menor) têm como função dificultar esse objetivo.

Em termos de *outputs* produzidos por este jogo, poderiam ser: pontuação obtida na partida, pontuações obtidas ao longo do tempo, tempo de reação a estímulos positivos e negativos, tempo de reação e percentagem de reações corretas e incorretas a estímulos negativos e positivos e amplitude do movimento.

Cenário de jogo #4 – Frente

Neste jogo, o jogador controla uma personagem ou um veículo e tem de percorrer um caminho. Durante o percurso, terá de se desviar de obstáculos e apanhar itens que dão pontos (ex.: moedas) ou poderes especiais (“*powerups*”).

Relativamente aos movimentos necessários para controlar a personagem, estes passam por inclinar ou mover o corpo para a esquerda e para a direita. Os movimentos detalhados dependem do *hardware* utilizado e serão explicados de seguida.

Usando apenas a plataforma de forças, o jogador tem de mudar o CP para a esquerda e para a direita para controlar a direção.

Usando apenas o Kinect, o jogador tem de inclinar ou movimentar o corpo para os lados para controlar a direção.

Usando a plataforma e o Kinect simultaneamente, o jogador tem de mudar o CP na plataforma para controlar o movimento da personagem (direção). Através do Kinect, usam-se os braços para apanhar itens que dão pontos.

Quanto aos níveis disponibilizados por este jogo, é expectável que o cenário da ação mude de nível para nível. Além disso, também a personagem de jogo pode mudar. Para tornar o jogo mais divertido e mais motivador, a introdução de “*powerups*” seria uma mais-valia, assim como a introdução de recompensas por algo bom que se faz e de missões que traçam objetivos dentro do jogo e podem servir como indicador para mudar de nível ou aumentar o ranking do jogador.

Os *outputs* produzidos por este jogo seriam a pontuação obtida na partida, as pontuações obtidas ao longo do tempo, o tempo de reação e percentagem de reações corretas e incorretas a estímulos negativos e positivos.

Apêndice E

Notas da reunião do teste ao 1º protótipo

Data: 6 de janeiro de 2016

Local: Sensing Future

Participantes:

- André Dinis – Estagiário
- Carlos Alcobia, Luís Ferreira e Pedro Mendes – Sensing Future
- João Valente e Nuno Tavares – Fisioterapeutas

Assuntos:

- Apresentação do trabalho a realizar
- Teste ao protótipo
- Discussão de ideias sobre o protótipo

Descrição da reunião

No início da reunião, o Luís Ferreira começou por explicar brevemente aos fisioterapeutas o trabalho que estava a ser desenvolvido pelo estagiário. Não foi necessário apresentar-lhes o *PhysioSensing*, uma vez que ambos já o conheciam de experiências passadas.

De seguida, o estagiário fez uma breve descrição do jogo: como se controlava e qual o objetivo. Os fisioterapeutas testaram o jogo, um de cada vez, sem mais informações.

Seguiu-se uma discussão de ideias, que é apresentada de seguida.

Discussão de ideias

O primeiro assunto que foi discutido teve a ver com as patologias para as quais este jogo seria útil. Foi imediatamente vista utilidade para a reabilitação de AVC, sendo também útil para muitas outras patologias relacionadas com condições neurológicas. Também foi vista utilidade para usar com indivíduos mais idosos por nessas idades começarem a perder o equilíbrio. Foi também apontada a hipótese de servir para treinar indivíduos que tenham colocado próteses nos membros inferiores. De uma forma geral, este jogo aplica-se a todos os indivíduos que necessitem, por algum motivo, de fazer exercícios de transferência de carga.

Relativamente a movimentos que se poderiam introduzir no jogo, além dos que já existem, falou-se na possibilidade de introduzir agachamentos e na manutenção da posição de agachamento durante um determinado período de tempo. Falou-se também na possibilidade de levantar uma perna para simular um salto e na mudança do CP noutros sentidos, nomeadamente no plano ântero-posterior. Um dos exercícios que se apontou como possível de fazer seria executar séries de, por exemplo, 20 segundos, em que o indivíduo teria de aguentar o equilíbrio numa determinada posição, em agachamento, ou noutra situação semelhante.

A nível cognitivo, os fisioterapeutas consideraram que só a simples tarefa de ter de distinguir entre objetos positivos e objetos negativos já era uma ajuda muito boa.

Sugeriu-se também que deveriam haver desafios ao longo do jogo e que deveriam haver níveis, uns mais fáceis e outros mais difíceis, em que se poderiam fazer alterar as seguintes variáveis:

- Velocidade;
- Número de desafios;
- Número de obstáculos;
- Número de movimentos requeridos.

Levantou-se depois a questão da possibilidade da utilização do jogo com apoio unipedal, ou seja, tendo apenas um dos pés na plataforma. Esta ideia foi algo apontado pelos fisioterapeutas como sendo muito útil e que, sendo implementada, permitiria que o jogo fosse utilizado por mais populações noutras situações. Apontou-se o exemplo de atletas que precisam de treinar a propriocepção do membro inferior (joelho e tornozelo) e de fortalecer os ligamentos, algo possível de atingir com o apoio unipedal.

Quando questionados sobre de que forma é que o estagiário poderia tornar o jogo interessante para atletas, os fisioterapeutas sugeriram novamente a introdução de níveis de dificuldade e de outros desafios. Na prática, para um jogo destes não ser aborrecido tem de oferecer desafios que não tornem o jogo demasiado fácil.

Quando o estagiário referiu que o jogo tinha em vista o treino de toda a amplitude do movimento, os fisioterapeutas referiram que seria mais interessante e mais importante trabalhar apenas a amplitude funcional, ou seja, trabalhar mais a amplitude dos movimentos que os indivíduos vão usar no dia-a-dia, isto é, as atividades funcionais (foi dado o exemplo do movimento de escovar o cabelo). De referir que, o que acabou de ser descrito se aplica aos casos neurológicos. Nos restantes casos, nomeadamente no caso dos atletas e dos indivíduos com próteses, ou seja, nos casos relacionados com questões musculoesqueléticas, é importante que se trabalhe toda a amplitude do movimento.

Outro aspeto referido pelos fisioterapeutas foi a possibilidade de se fazer treino de marcha, onde se poderia ter a sensação de velocidade e saber quanto tempo o indivíduo demorou a percorrer um determinado percurso. Se o indivíduo simulasse a marcha mais depressa a personagem do jogo andaria mais depressa, se o indivíduo simulasse a marcha mais devagar a personagem do jogo andaria mais devagar.

Para explorar ao máximo o jogo e a plataforma, e sabendo que estamos limitados aos movimentos de mudar o CP e de controlar o equilíbrio, foi sugerido o seguinte:

- Introdução de mudança do CP nos planos anterior e posterior;
- Introdução de mudança do CP nas diagonais;
- Manutenção de uma posição durante determinado período de tempo;
- O jogo apresentar objetos todos do mesmo lado onde o indivíduo teria de estar, por exemplo, 20 segundos
 - Caso o indivíduo só conseguisse estar naquela posição durante 10 segundos, isso deveria ser registado pois é um indicador interessante;
- Medir o tempo de reação ou o tempo que se leva a ir de um lado a outro
 - Importante para os atletas.

Falou-se também na possibilidade da utilização da plataforma da Medicauteurs para obter outras informações diferentes das que se conseguem obter com a plataforma do *PhysioSensing*

e, com isso, introduzir novas formas de controlar o jogo. Falou-se especificamente na obtenção das seguintes informações:

- Distância entre os pés;
- Movimento dos pés;
- Zonas de pressão.

Quando questionados sobre como poderia ser avaliado o sucesso terapêutico do jogo, os fisioterapeutas referiram que os *outputs* produzidos pelo jogo teriam de ser constantes. Não basta ver uma pontuação melhor, isto é, não basta ver que a pontuação foi melhor num dia que noutro, é necessário ter uma série de parâmetros como *output*, que pudessem ser avaliados ao longo de algum tempo para verificar se estava a ocorrer alguma tendência.

Outro aspeto referido pelos fisioterapeutas foi que o jogo serviria para todos os casos e patologias referidos anteriormente. Eles consideraram que não fazia sentido dividir o jogo por patologias. Em vez disso, o jogo deve ser dividido por objetivo, ou por tipo de treino, como por exemplo, treinar apenas o deslocamento lateral. Ou seja, na prática o que tem de ser feito é adaptar os desafios e os movimentos a cada indivíduo em específico.

Assim, os fisioterapeutas referiram que seria importante eles poderem definir objetivos e selecionar parâmetros antes do início do jogo, com base na avaliação feita ao indivíduo. Eles avaliam o indivíduo na prática clínica, vêem do que ela precisa e selecionam o que querem que o jogo treine.

Para *outputs* foi dada a sugestão de registar movimentos acertados e falhados e mostrar o resultado no final sobre a forma de um gráfico. Com esses resultados, os fisioterapeutas poderiam ver o que estava a falhar e iam treinar essa função. Assim, estaria a ser feita uma avaliação objetiva. No fim, poderia também ser gerado um relatório com todos os *outputs* e resultados na forma de gráficos temporais.

Quando questionados sobre se usariam este jogo nas suas práticas clínicas, a resposta foi positiva, sendo referido que seria usado principalmente para treino, mas que serviria tanto para avaliar como para treinar. O jogo serviria de complemento ao que eles fazem e não como substituição.

Quando questionados sobre quanto tempo seria interessante o jogo ser utilizado, isto é, o tempo útil de exercício sem que as pessoas se aborçam, os fisioterapeutas disseram que essa era uma questão difícil de responder pois depende de pessoa para pessoa. O ideal seria fazer testes com várias pessoas para avaliar esse aspeto. Mas, de uma forma geral, se o jogo não for monótono e pedir tarefas diferentes, esse problema não se irá colocar. Referiram então que, por exemplo, numa sessão de fisioterapia de 1 hora, não iriam usar o jogo esse tempo todo mas sim 10 ou 15 minutos. Esses 10 ou 15 minutos teriam de ser variáveis e já teriam em conta níveis diferentes. Os 15 minutos já seriam mais para a última sessão da pessoa quando ela já estivesse quase autónoma. Mas, concluindo, os fisioterapeutas referiram que seria bom se eles tivessem a opção de definir o tempo de jogo.

Quando questionados sobre a possibilidade de ter vários cenários diferentes durante o jogo ou em níveis diferentes, os fisioterapeutas disseram que a interface é muito importante e deve mudar para criar novos estímulos e não ser monótono mas que o mais importante são os objetivos e os tipos de movimentos necessários. O jogo deve oferecer desafios diferentes e ser imprevisível para a pessoa, ou seja, a pessoa não pode estar à espera do desafio que lhe vai aparecer de seguida, caso contrário começa-se a preparar para ele mais cedo.

Fazendo uma analogia com os monstros finais que aparecem na maior parte dos jogos, a parte final do jogo (nível mais difícil) deveria trabalhar movimentos com mais exigência.

No final, os fisioterapeutas referiram que quanto mais eles conseguirem controlar e programar a sessão, melhor.

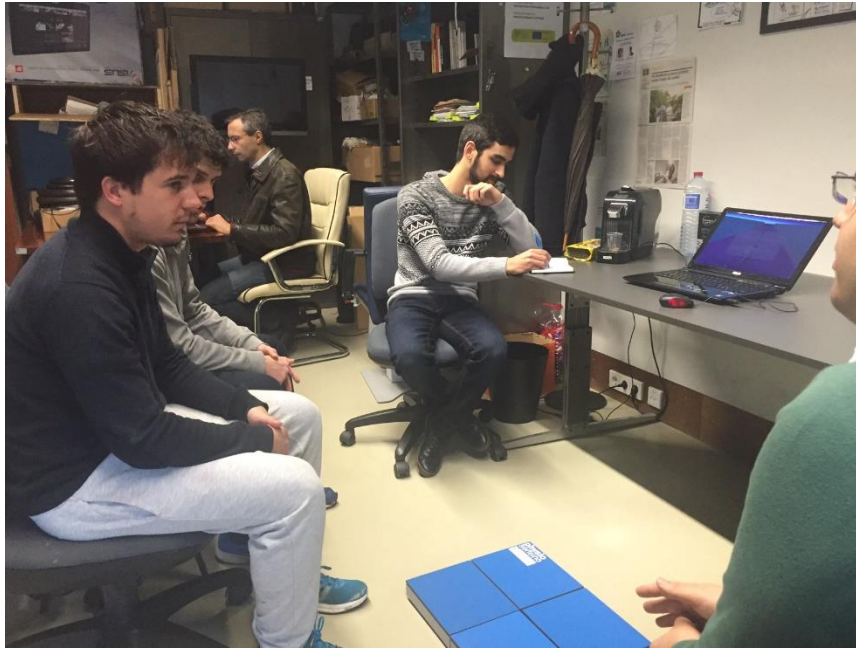


Figura E.1 - Fotografia tirada durante a realização da reunião para testar o primeiro protótipo

Apêndice F

User Stories

Neste apêndice são apresentadas, de forma detalhada, todas as *User Stories* definidas para o jogo terapêutico.

D.1 Definição dos utilizadores

Existem dois tipos principais de utilizadores:

- Profissional de saúde – utilizador que guia sessões de terapia e reabilitação física;
- Utente – utilizador que recorre a sessões de terapia e reabilitação física.

D.2 Divisão em grupos

Os requisitos foram divididos em três grupos:

- Situações terapêuticas (ST) – dizem respeito às situações terapêuticas que podem ser treinadas no jogo;
- Parâmetros de personalização (PP) – dizem respeito aos parâmetros que os profissionais de saúde podem personalizar para adaptar a sessão o melhor possível a cada utente;
- Relatório clínico (RC) – dizem respeito ao conteúdo que o relatório clínico deve conter.

D.3 Priorização

Os requisitos foram priorizados segundo o método de MoSCoW, que permite priorizá-los de acordo com as seguintes categorias:

- *Must-Have* – o requisito é crítico para o sucesso do projeto;
- *Should-Have* – o requisito é importante mas não é estritamente necessário implementá-lo já;
- *Could-Have* – o requisito é desejável mas não é necessário para o sucesso do projeto;
- *Won't-Have* – o requisito é dispensável para a fase em que se encontra o projeto, pelo que não é necessário ser implementado.

Os requisitos que foram definidos como *Must-Have* representam as funcionalidades consideradas fundamentais para uma primeira versão do jogo.

D.4 Estrutura das User Stories

- Identificador (ID) da User Story – US-[Grupo]-#;
- Descrição-tipo – Como [papel do utilizador] pretendo [objetivo] de forma a [razão];
- Critério de aceitação – o utilizador tem de ser capaz de [ação que descreve a funcionalidade].

D.5 Definição das User Stories

Situações terapêuticas (ST)

ID	US-ST-1
Nome	Manutenção do equilíbrio à esquerda
Descrição	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o jogo disponibilize a situação terapêutica “manutenção do equilíbrio à esquerda”</p> <p>Para que o utente a possa treinar</p>
Critério de aceitação	1. Verifico que o jogo disponibiliza a situação terapêutica
Priorização	<i>Must-Have</i>

ID	US-ST-2
Nome	Manutenção do equilíbrio no centro
Descrição	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o jogo disponibilize a situação terapêutica “manutenção do equilíbrio no centro”</p> <p>Para que o utente a possa treinar</p>
Critério de aceitação	1. Verifico que o jogo disponibiliza a situação terapêutica
Priorização	<i>Must-Have</i>

ID	US-ST-3
Nome	Manutenção do equilíbrio à direita
Descrição	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o jogo disponibilize a situação terapêutica “manutenção do equilíbrio à direita”</p> <p>Para que o utente a possa treinar</p>
Critério de aceitação	1. Verifico que o jogo disponibiliza a situação terapêutica
Priorização	<i>Must-Have</i>

ID	US-ST-4
Nome	Alternância do CP no plano sagital
Descrição	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o jogo disponibilize a situação terapêutica “alternância do CP no plano sagital”</p> <p>Para que o utente a possa treinar</p>
Critério de aceitação	1. Verifico que o jogo disponibiliza a situação terapêutica
Priorização	<i>Must-Have</i>

ID	US-ST-5
Nome	Manutenção do equilíbrio posterior
Descrição	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o jogo disponibilize a situação terapêutica “manutenção do equilíbrio posterior”</p> <p>Para que o utente a possa treinar</p>
Critério de aceitação	1. Verifico que o jogo disponibiliza a situação terapêutica
Priorização	<i>Must-Have</i>

ID	US-ST-6
Nome	Agachamento
Descrição	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o jogo disponibilize a situação terapêutica “agachamento”</p> <p>Para que o utente a possa treinar</p>
Critério de aceitação	1. Verifico que o jogo disponibiliza a situação terapêutica
Priorização	<i>Must-Have</i>

ID	US-ST-7
Nome	Posição unipedal esquerda
Descrição	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o jogo disponibilize a situação terapêutica “posição unipedal esquerda”</p> <p>Para que o utente a possa treinar</p>
Critério de aceitação	1. Verifico que o jogo disponibiliza a situação terapêutica
Priorização	<i>Must-Have</i>

ID	US-ST-8
Nome	Posição unipedal direita
Descrição	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o jogo disponibilize a situação terapêutica “posição unipedal direita”</p> <p>Para que o utente a possa treinar</p>
Critério de aceitação	1. Verifico que o jogo disponibiliza a situação terapêutica
Priorização	<i>Must-Have</i>

ID	US-ST-9
Nome	Manutenção do equilíbrio anterior
Descrição	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o jogo disponibilize a situação terapêutica “manutenção do equilíbrio anterior”</p> <p>Para que o utente a possa treinar</p>
Critério de aceitação	1. Verifico que o jogo disponibiliza a situação terapêutica
Priorização	<i>Should-Have</i>

ID	US-ST-10
Nome	Agachamento com mudança do CP sagital
Descrição	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o jogo disponibilize a situação terapêutica “agachamento com mudança do CP sagital”</p> <p>Para que o utente a possa treinar</p>
Critério de aceitação	1. Verifico que o jogo disponibiliza a situação terapêutica
Priorização	<i>Could-Have</i>

ID	US-ST-11
Nome	Alternância do CP no plano ântero-posterior
Descrição	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o jogo disponibilize a situação terapêutica “alternância do CP no plano ântero-posterior”</p> <p>Para que o utente a possa treinar</p>
Critério de aceitação	1. Verifico que o jogo disponibiliza a situação terapêutica
Priorização	<i>Could-Have</i>

ID	US-ST-12
Nome	Agachamentos ritmados
Descrição	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o jogo disponibilize a situação terapêutica “agachamentos ritmados”</p> <p>Para que o utente a possa treinar</p>
Critério de aceitação	1. Verifico que o jogo disponibiliza a situação terapêutica
Priorização	<i>Could-Have</i>

ID	US-ST-13
Nome	Salto
Descrição	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o jogo disponibilize a situação terapêutica “salto”</p> <p>Para que o utente a possa treinar</p>
Critério de aceitação	1. Verifico que o jogo disponibiliza a situação terapêutica
Priorização	<i>Won't-Have</i>

Parâmetros de personalização (PP)

ID	US-PP-1
Nome	Personalização de parâmetros de esforço
Descrição	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo personalizar parâmetros de esforço</p> <p>Para que o jogo se possa adequar o melhor possível ao utente</p>
Critério de aceitação	<ol style="list-style-type: none"> 1. Consigo personalizar a velocidade do jogo; 2. Consigo personalizar a transferência de carga máxima à esquerda; 3. Consigo personalizar a transferência de carga máxima à direita; 4. Consigo personalizar a transferência de carga máxima a trás; 5. Consigo personalizar o ângulo de agachamento.
Priorização	<i>Must-Have</i>

ID	US-PP-2
Nome	Escolha das situações terapêuticas
Descrição	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo escolher as situações terapêuticas que aparecem no jogo</p> <p>Para que se possa adequar o melhor possível ao utente</p>

Critério de aceitação	<ol style="list-style-type: none"> 1. Consigo escolher a situação terapêutica “manutenção do equilíbrio à esquerda”; 2. Consigo escolher a situação terapêutica “manutenção do equilíbrio no centro”; 3. Consigo escolher a situação terapêutica “manutenção do equilíbrio à direita”; 4. Consigo escolher a situação terapêutica “alternância do CP no plano sagital”; 5. Consigo escolher a situação terapêutica “manutenção do equilíbrio posterior”; 6. Consigo escolher a situação terapêutica “agachamento”; 7. Consigo escolher a situação terapêutica “posição unipedal esquerda”; 8. Consigo escolher a situação terapêutica “posição unipedal direita”.
Priorização	<i>Must-Have</i>

ID	US-PP-3
Nome	Personalização das situações terapêuticas
Descrição	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo personalizar o número de repetições e a duração das situações terapêuticas que aparecem no jogo</p> <p>Para que se possa adequar o melhor possível ao utente</p>
Critério de aceitação	<ol style="list-style-type: none"> 1. Consigo personalizar o número de repetições e a duração da situação terapêutica “manutenção do equilíbrio à esquerda”; 2. Consigo personalizar o número de repetições e a duração da situação terapêutica “manutenção do equilíbrio no centro”; 3. Consigo personalizar o número de repetições e a duração da situação terapêutica “manutenção do equilíbrio à direita”; 4. Consigo personalizar o número de repetições e a duração da situação terapêutica “alternância do CP no plano sagital”; 5. Consigo personalizar o número de repetições e a duração da situação terapêutica “manutenção do equilíbrio posterior”; 6. Consigo personalizar o número de repetições e a duração da situação terapêutica “agachamento”; 7. Consigo personalizar o número de repetições e a duração

	da situação terapêutica “posição unipedal esquerda”; 8. Consigo personalizar o número de repetições e a duração da situação terapêutica “posição unipedal direita”.
Priorização	<i>Must-Have</i>

Relatório clínico (RC)

ID	US-RC-1
Nome	Gerar relatório clínico
Descrição	Como profissional de saúde Pretendo gerar um relatório clínico relativo à sessão de jogo Para poder avaliar o desempenho do utente
Critério de aceitação	1. Consigo gerar um relatório clínico no fim da sessão de jogo.
Priorização	<i>Must-Have</i>

ID	US-RC-2
Nome	Data da sessão e informação do utente
Descrição	Como profissional de saúde Pretendo que o relatório clínico contenha a data da sessão e a informação do utente Para poder manter um registo das sessões realizadas por ele
Critério de aceitação	1. O relatório gerado contém informação sobre a data da sessão e sobre o utente que a realizou.
Priorização	<i>Must-Have</i>

ID	US-RC-3
Nome	Parâmetros de esforço
Descrição	Como profissional de saúde Pretendo que o relatório gerado me mostre a configuração usada nos parâmetros de esforço Para poder relacioná-los com os resultados alcançados
Critério de aceitação	1. Consigo visualizar no relatório a configuração usada nos parâmetros de esforço

Priorização	<i>Must-Have</i>
--------------------	------------------

ID	US-RC-4
Nome	Resumo da sessão de jogo
Descrição	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o relatório gerado me mostre o tempo total da sessão de jogo e o tempo que foi passado em cada situação terapêutica</p> <p>Para verificar como foi distribuída a sessão</p>
Critério de aceitação	1. Consigo visualizar o tempo total da sessão de jogo e o tempo que foi passado em cada situação terapêutica
Priorização	<i>Must-Have</i>

ID	US-RC-5
Nome	Resultado das situações terapêuticas
Descrição	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o relatório gerado me mostre qual era o objetivo a atingir e o que foi atingido para cada situação terapêutica</p> <p>Para poder analisar o desempenho do utente</p>
Critério de aceitação	1. Consigo visualizar o objetivo a atingir e o que foi atingido para situação terapêutica
Priorização	<i>Must-Have</i>

ID	US-RC-6
Nome	Resultados globais
Descrição	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o relatório gerado me mostre os resultados globais da sessão de jogo</p> <p>Para poder visualizar as situações terapêuticas nas quais o utente obteve melhores ou piores resultados</p>
Critério de aceitação	1. Consigo visualizar os resultados globais da sessão de jogo
Priorização	<i>Must-Have</i>

ID	US-RC-7
Nome	Gráfico do deslocamento esquerda-direita (real)
Descrição	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o relatório gerado me mostre um gráfico que represente o deslocamento em tempo real do movimento do utente no plano sagital</p> <p>Para poder visualizar o movimento do utente nesse plano</p>
Critério de aceitação	1. Consigo visualizar o gráfico real do deslocamento esquerda-direita
Priorização	<i>Must-Have</i>

ID	US-RC-8
Nome	Gráfico do deslocamento esquerda-direita (objetivo)
Descrição	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o relatório gerado me mostre um gráfico que represente o deslocamento no plano sagital que o utente deve realizar</p> <p>Para poder comparar com o deslocamento real</p>
Critério de aceitação	1. Consigo visualizar o gráfico com o objetivo do deslocamento esquerda-direita
Priorização	<i>Should-Have</i>

ID	US-RC-9
Nome	Gráfico do deslocamento frente-trás (real)
Descrição	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o relatório gerado me mostre um gráfico que represente o deslocamento em tempo real do movimento do utente no plano ântero-posterior</p> <p>Para poder visualizar o movimento do utente nesse plano</p>
Critério de aceitação	1. Consigo visualizar o gráfico real do deslocamento frente-trás
Priorização	<i>Could-Have</i>

ID	US-RC-10
Nome	Gráfico do deslocamento frente-trás (objetivo)
Descrição	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o relatório gerado me mostre um gráfico que represente o deslocamento no plano ântero-posterior que o utente deve realizar</p> <p>Para poder comparar com o deslocamento real</p>
Critério de aceitação	1. Consigo visualizar o gráfico com o objetivo do deslocamento frente-trás
Priorização	<i>Could-Have</i>

ID	US-RC-11
Nome	Pontuação de jogo
Descrição	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o relatório gerado me mostre a pontuação obtida no jogo</p> <p>Para poder comparar sessões</p>
Critério de aceitação	1. Consigo visualizar a pontuação obtida no jogo
Priorização	<i>Must-Have</i>

ID	US-RC-12
Nome	Recomendações automáticas
Descrição	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o relatório gerado me mostre recomendações automáticas acerca dos parâmetros de esforço e/ou de situações terapêuticas que o utente deve treinar mais</p> <p>Para que</p>
Critério de aceitação	1. Consigo visualizar as recomendações
Priorização	<i>Should-Have</i>

ID	US-RC-13
Nome	Informações do profissional de saúde
Descrição	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o relatório gerado me mostre informações relativas ao profissional de saúde que guiou a sessão</p> <p>Para poder saber quem guiou a sessão de determinado utente em determinado dia</p>
Critério de aceitação	1. Consigo visualizar as informações relativas ao profissional de saúde que guiou a sessão
Priorização	<i>Must-Have</i>

Apêndice G

Exemplo de relatório clínico

Relatório Clínico



Data

quarta-feira, 8 de junho de 2016

Informação do Utente

Nome: André Ferreira de Jesus Tonelo

Peso: 75 Kg











Esforço

Velocidade de jogo: Intermédio (3/5)

Esforço de transferência de carga:


Esquerda: 88% (66kg)
Direita: 90% (67.5kg)
Trás: 65% (48.75kg)
Agachamento: 30°

Resumo



Tempo de jogo:	 100%	1:45
Equilíbrio na esquerda:	 5%	0:05
Equilíbrio no centro:	 5%	0:05
Equilíbrio na direita:	 5%	0:05
Alternância:	 10%	0:10
Equilíbrio a trás:	 7%	0:06
Agachamentos:	 10%	0:10
Posição unipedal (esquerda):	 10%	0:10
Posição unipedal (direita):	 10%	0:10
Situações neutras:	 38%	0:40

Situações Terapêuticas

i) Equilíbrio na esquerda

Objetivo:		50 moedas
Alcançado:		45 moedas

ii) Equilíbrio no centro

Objetivo:		50 moedas
Alcançado:		50 moedas

iii) Equilíbrio na direita

Objetivo:		50 moedas
Alcançado:		50 moedas



iv) Alternância

Objetivo:		10 segundos
Alcançado:		9 segundos

v) Equilíbrio a trás

Objetivo:		5 segundos
Alcançado:		4 segundos

vi) Agachamentos

Objetivo:		10 segundos
Alcançado:		5 segundos









vii) Posição unipedal (esquerda)

Objetivo:		10 segundos
Alcançado:		5 segundos

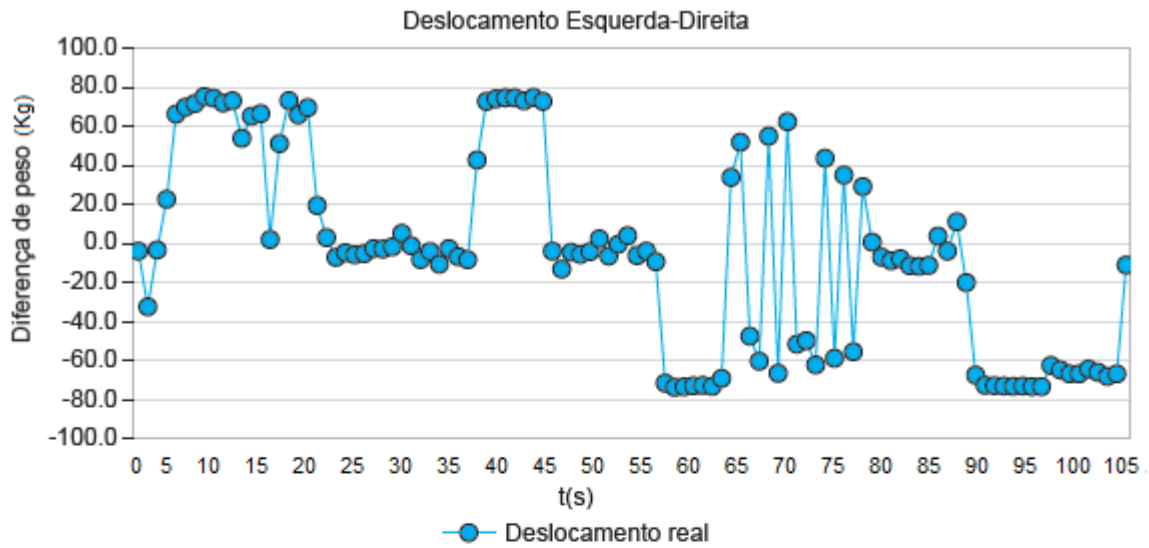
viii) Posição unipedal (direita)

Objetivo:		10 segundos
Alcançado:		5 segundos

Resultados Globais

	Taxa de sucesso	
Equilíbrio na esquerda	90%	
Equilíbrio no centro	100%	
Equilíbrio na direita	100%	
Equilíbrio a trás	80%	
Alternância	90%	
Agachamento	50%	
Posição unipedal (esquerda)	50%	
Posição unipedal (direita)	50%	

Deslocamento



Pontuação final

Pontuação: 68

Recomendações

Não há recomendações a fazer.

Profissional de saúde

Nome:

Especialidade:

Cargo:

Assinatura: _____

Apêndice H

Resultado dos testes de aceitação

Neste apêndice são apresentados os resultados dos testes de aceitação sobre a forma de tabela. Cada linha da tabela contém:

- ID da user story;
- Descrição da user story;
- Priorização da user story;
- Resultado do teste de aceitação.

ID	Descrição	Priorização	Teste de aceitação
US-ST-1	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o jogo disponibilize a situação terapêutica “manutenção do equilíbrio à esquerda”</p> <p>Para que o utente a possa treinar</p>	<i>Must-Have</i>	Passou
US-ST-2	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o jogo disponibilize a situação terapêutica “manutenção do equilíbrio no centro”</p> <p>Para que o utente a possa treinar</p>	<i>Must-Have</i>	Passou
US-ST-3	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o jogo disponibilize a situação terapêutica “manutenção do equilíbrio à direita”</p> <p>Para que o utente a possa treinar</p>	<i>Must-Have</i>	Passou
US-ST-4	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o jogo disponibilize a situação terapêutica “alternância do CP no plano sagital”</p> <p>Para que o utente a possa treinar</p>	<i>Must-Have</i>	Passou
US-ST-5	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o jogo disponibilize a situação terapêutica “manutenção do equilíbrio posterior”</p> <p>Para que o utente a possa treinar</p>	<i>Must-Have</i>	Passou

ID	Descrição	Priorização	Teste de aceitação
US-ST-6	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o jogo disponibilize a situação terapêutica “agachamento”</p> <p>Para que o utente a possa treinar</p>	<i>Must-Have</i>	Passou
US-ST-7	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o jogo disponibilize a situação terapêutica “posição unipedal esquerda”</p> <p>Para que o utente a possa treinar</p>	<i>Must-Have</i>	Passou
US-ST-8	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o jogo disponibilize a situação terapêutica “posição unipedal direita”</p> <p>Para que o utente a possa treinar</p>	<i>Must-Have</i>	Passou
US-ST-9	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o jogo disponibilize a situação terapêutica “manutenção do equilíbrio anterior”</p> <p>Para que o utente a possa treinar</p>	<i>Should-Have</i>	Não implementado
US-ST-10	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o jogo disponibilize a situação terapêutica “agachamento com mudança do CP sagital”</p> <p>Para que o utente a possa treinar</p>	<i>Could-Have</i>	Não implementado
US-ST-11	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o jogo disponibilize a situação terapêutica “alternância do CP no plano ântero-posterior”</p> <p>Para que o utente a possa treinar</p>	<i>Could-Have</i>	Não implementado
US-ST-12	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o jogo disponibilize a situação terapêutica “agachamentos ritmados”</p> <p>Para que o utente a possa treinar</p>	<i>Could-Have</i>	Não implementado
US-ST-13	<p>Como profissional de saúde</p>	<i>Won't-Have</i>	Não implementado

ID	Descrição	Priorização	Teste de aceitação
	<p>Pretendo que o jogo disponibilize a situação terapêutica “salto”</p> <p>Para que o utente a possa treinar</p>		
US-PP-1	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo personalizar parâmetros de esforço</p> <p>Para que o jogo se possa adequar o melhor possível ao utente</p>	<i>Must-Have</i>	Passou
US-PP-2	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo escolher as situações terapêuticas que aparecem no jogo</p> <p>Para que se possa adequar o melhor possível ao utente</p>	<i>Must-Have</i>	Passou
US-PP-3	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo personalizar o número de repetições e a duração das situações terapêuticas que aparecem no jogo</p> <p>Para que se possa adequar o melhor possível ao utente</p>	<i>Must-Have</i>	Passou
US-RC-1	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo gerar um relatório clínico relativo à sessão de jogo</p> <p>Para poder avaliar o desempenho do utente</p>	<i>Must-Have</i>	Passou
US-RC-2	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o relatório clínico contenha a data da sessão e a informação do utente</p> <p>Para poder manter um registo das sessões realizadas por ele</p>	<i>Must-Have</i>	Passou
US-RC-3	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o relatório gerado me mostre a configuração usada nos parâmetros de esforço</p> <p>Para poder relacioná-los com os resultados alcançados</p>	<i>Must-Have</i>	Passou

ID	Descrição	Priorização	Teste de aceitação
US-RC-4	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o relatório gerado me mostre o tempo total da sessão de jogo e o tempo que foi passado em cada situação terapêutica</p> <p>Para verificar como foi distribuída a sessão</p>	<i>Must-Have</i>	Passou
US-RC-5	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o relatório gerado me mostre qual era o objetivo a atingir e o que foi atingido para cada situação terapêutica</p> <p>Para poder analisar o desempenho do utente</p>	<i>Must-Have</i>	Passou
US-RC-6	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o relatório gerado me mostre os resultados globais da sessão de jogo</p> <p>Para poder visualizar as situações terapêuticas nas quais o utente obteve melhores ou piores resultados</p>	<i>Must-Have</i>	Passou
US-RC-7	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o relatório gerado me mostre um gráfico que represente o deslocamento em tempo real do movimento do utente no plano sagital</p> <p>Para poder visualizar o movimento do utente nesse plano</p>	<i>Must-Have</i>	Passou
US-RC-8	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o relatório gerado me mostre um gráfico que represente o deslocamento no plano sagital que o utente deve realizar</p> <p>Para poder comparar com o deslocamento real</p>	<i>Should-Have</i>	Não implementado
US-RC-9	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o relatório gerado me mostre um gráfico que represente o</p>	<i>Could-Have</i>	Não implementado

ID	Descrição	Priorização	Teste de aceitação
	<p>deslocamento em tempo real do movimento do utente no plano ântero-posterior</p> <p>Para poder visualizar o movimento do utente nesse plano</p>		
US-RC-10	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o relatório gerado me mostre um gráfico que represente o deslocamento no plano ântero-posterior que o utente deve realizar</p> <p>Para poder comparar com o deslocamento real</p>	<i>Could-Have</i>	Não implementado
US-RC-11	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o relatório gerado me mostre a pontuação obtida no jogo</p> <p>Para poder comparar sessões</p>	<i>Must-Have</i>	Passou
US-RC-12	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o relatório gerado me mostre recomendações automáticas acerca dos parâmetros de esforço e/ou de situações terapêuticas que o utente deve treinar mais</p> <p>Para que</p>	<i>Should-Have</i>	Não implementado
US-RC-13	<p>Como profissional de saúde</p> <p>Pretendo que o relatório gerado me mostre informações relativas ao profissional de saúde que guiou a sessão</p> <p>Para poder saber quem guiou a sessão de determinado utente em determinado dia</p>	<i>Must-Have</i>	Passou

Apêndice I

Notas do primeiro *focus group*

Data: 23 de maio de 2016

Local: IPN

Participantes:

- André Dinis – Estagiário
- Carlos Alcobia e Pedro Mendes – Sensing Future
- Pedro Furtado – Orientador do DEI
- Catarina Silva e Daniela Baltazar – Fisioterapeutas

Assuntos:

- Apresentação do jogo
- Discussão de ideias sobre o jogo

Estrutura do Focus Group

- Apresentação do objetivo do *Focus Group*;
- Apresentação do jogo:
 - Objetivo;
 - *Hardware* utilizado;
 - Situações terapêuticas que trabalha;
 - Modos de jogo;
 - Parâmetros de personalização;
 - Demonstração;
 - Relatório clínico;
- Discussão de ideias focada, principalmente, em 4 grandes áreas:
 - Situações terapêuticas;
 - Relatório clínico;
 - Animações do jogo;
 - Objetivo final a que o jogo se destina.

Resumo da discussão de ideias

Ideias genéricas:

- Indicar o peso da pessoa no jogo em vez de ter um programa à parte que o faz;
- Tem de haver muito ensino e supervisão, pelo menos numa fase inicial, para que o utente saiba o que tem de fazer e qual a forma correta de o fazer;
- Como as pessoas são todas diferentes umas das outras, é muito complicado encontrar algo padronizado que dê resposta a um grande número de pessoas;
- A comparação de sessões de jogo pode ser feita não com o jogo como um todo mas com cada situação terapêutica em particular.

Menu de personalização da sessão de jogo:

- Explicar o significado de cada parâmetro de personalização;
- Nos parâmetros de esforço, colocar as unidades junto aos números;
- O nome “Transferência de carga máxima agachamento” não é o mais correto.

Jogo:

- A imagem da Kinect no jogo confunde;
- O movimento da água pode ser prejudicial. A pessoa até pode conseguir fazer a transferência de carga mas o movimento da água pode perturbar a sua ação caso tenha algum problema, por exemplo, de ordem vestibular;
- Quando o utente falha o agachamento, não há nenhum som nem nenhuma animação que indiquem que o utente não está a fazer o que devia;
- É muito importante ter cuidado com os limites de equilíbrio. Se o utente se desequilibrar ou se fizer mais força do que deve, tem de acontecer alguma coisa.

Relatório clínico:

- Explicar os números soltos que aparecem no relatório (ex.: 50 que aparece nos objetivos);
- Colocar unidades (kg) no gráfico do deslocamento esquerda-direita;
- Ter um novo gráfico para as restantes situações de jogo que não usam o deslocamento esquerda-direita;
- Na tabela dos resultados globais, colocar legenda com a escala de cores e respetivo significado;
- Se o utente se desequilibrar, é importante registar essa informação.

Sugestões/novas funcionalidades:

- Nova situação de jogo: transferência de carga para a frente;
- Nova situação de jogo: transferência de carga nas diagonais. É importante para a avaliação;
- Deve haver um objetivo geral no jogo, diferente em cada sessão, assim como desafios novos a cada sessão para motivar mais o utente;
- Mudança do ambiente ao longo do jogo ou que possa ser escolhido no início. O jogo deve oferecer outros cenários que possam ir de encontro às preferências e objetivos do utente;
- Inclusão de elementos distrativos é importante mas depende do estado da evolução do utente e do utente em si;
- O jogo deve ter uma música ambiente agradável ao longo do jogo;
- Se o utente se desequilibrar ou se fizer mais força do que a que é pretendida, deve haver uma animação e um som de alerta que identifiquem essa situação;
- Deve haver um campo no fim do jogo para perguntar como a pessoa se sentiu durante a sessão. Sentiu dor? Dificuldade? O que lhe custou mais? Porque não fez a

situação esperada? Dor? Distração? Não compreendeu o exercício? Estas respostas também devem ser registadas no relatório. Isto permite, por exemplo, que o fisioterapeuta personalize o jogo de forma diferente ou que verifique se a situação que custou mais ao utente corresponde à situação de jogo em que obteve menor taxa de sucesso. Permite também perceber as dificuldades do utente e porque é que ele teve essas dificuldades;

- O jogo deve ter um menu de consciencialização, opcional, para que o utente saiba que exercício tem de fazer e que esforço tem de aplicar para atingir o objetivo (consciência dos parâmetros de esforço);
- Podem existir também vídeos/imagens exemplo de como se faz o exercício de forma correta;
- Pode-se incluir uma nova situação de jogo para saltar, numa fase mais avançada da recuperação do utente;
- Podem existir obstáculos isolados a meio do mapa de jogo para se levantar o pé momentaneamente;
- Podem ser introduzidas situações de jogo para apanhar objetos com as mãos e utilizar os membros superiores. Isto também ajuda a controlar a postura da pessoa;
- Parar o jogo, opcionalmente, para obrigar/ensinar a pessoa a fazer os exercícios. Nesse caso, o jogo só avançará quando o obstáculo for ultrapassado.

Utilidade/Objetivo final do jogo:

- Cumpre o objetivo final a que se propõe;
- Útil para situações ortopédicas;
- É um complemento muito importante;
- Ajuda na motivação/adeseão ao tratamento;
- O jogo é muito importante para a motivação. Sempre que o fisioterapeuta introduz alguma novidade nas sessões, os utentes gostam;
- Por vezes o fisioterapeuta sabe que o utente consegue fazer determinada tarefa, mas não o consegue motivar a fazê-la. O recurso à imagem/feedback visual é muito importante e uma grande ajuda;
- É muito importante para consciencialização da carga;
- Muitas vezes os fisioterapeutas têm mais do que um utente em cada sessão. Por vezes o fisioterapeuta está com um utente e não sabe o que o outro fez. Com este jogo e com o registo que é feito, o fisioterapeuta consegue saber o que o outro utente esteve a fazer e se fez bem ou mal;
- O jogo pode ser usado numa sessão de fisioterapia. Quanto ao tempo que seria usado, depende de cada pessoa. O normal será usar 5 a 10 minutos porque se trata de um complemento à sessão que é feita atualmente;
- Só numa situação de recuperação já muito avançada é que é plausível que se faça o jogo todo. Depende de cada situação em particular e de cada utente.



Figura I.1 - Foto tirada durante a realização do primeiro *focus group*

Apêndice J

Notas do segundo *focus group*

Data: 2 de junho de 2016

Local: IPN

Participantes:

- André Dinis – Estagiário
- Pedro Mendes – Sensing Future
- João Valente e Nuno Tavares – Fisioterapeutas

Assuntos:

- Apresentação do jogo
- Discussão de ideias sobre o jogo

Estrutura do Focus Group

- Apresentação do objetivo do *Focus Group*;
- Apresentação do jogo:
 - Objetivo;
 - *Hardware* utilizado;
 - Situações terapêuticas que trabalha;
 - Modos de jogo;
 - Parâmetros de personalização;
 - Demonstração;
 - Relatório clínico;
- Discussão de ideias focada, principalmente, em 4 grandes áreas:
 - Situações terapêuticas;
 - Relatório clínico;
 - Animações do jogo;
 - Objetivo final a que o jogo se destina.

Resumo da discussão de ideias

Ideias genéricas:

- Tem de haver um ensino prévio para que o utente saiba o que tem de fazer e qual a forma correta de o fazer.

Menu de personalização da sessão de jogo:

- Incluir parâmetro para personalizar o tempo de intervalo entre as repetições das situações de jogo.

Sugestões/novas funcionalidades:

- Nova situação de jogo: transferência de carga para a frente;
- Mudar o ambiente ao longo do jogo ou possibilidade de escolher entre vários no início do jogo;
- Inclusão de vídeos/imagens explicativos acerca de como se faz o exercício e/ou de um tutorial;
- Deve haver uma forma de visualizar a evolução e comparar os resultados das sessões ao longo do tempo;
- Possibilidade de modo de jogo “*multiplayer*”, um de cada vez, para criar motivação extra através da introdução de competitividade entre os utentes.

Utilidade/Objetivo final do jogo:

- Cumpre o objetivo final a que se propõe;
- Útil para pessoas mais idosas;
- Útil para problemas neurológicos e ortopédicos;
- Muito interessante para uso nos cuidados continuados, onde as pessoas têm de estar muito tempo a fazer exercícios deste género sem qualquer tipo de feedback visual;
- Útil na fase de início de marcha, quando a pessoa não consegue andar muito bem, uma vez que nessas situações a pessoa tem de aprender a transferir carga;
- Seria usado 5 a 10 minutos porque seria um complemento ao que já é feito na sessão. Quando fosse necessário, por exemplo, treinar a transferência de carga, seria utilizado o jogo e, depois disso, poder-se-ia fazer, por exemplo, treino de marcha, uma vez que o utente já tinha treinado a transferência de carga;
- Não têm conhecimento de ninguém que utilize algo deste género, à exceção da *Wii Balance Board*, que é utilizada por algumas pessoas, embora não tenha a componente terapêutica aliada à componente lúdica.

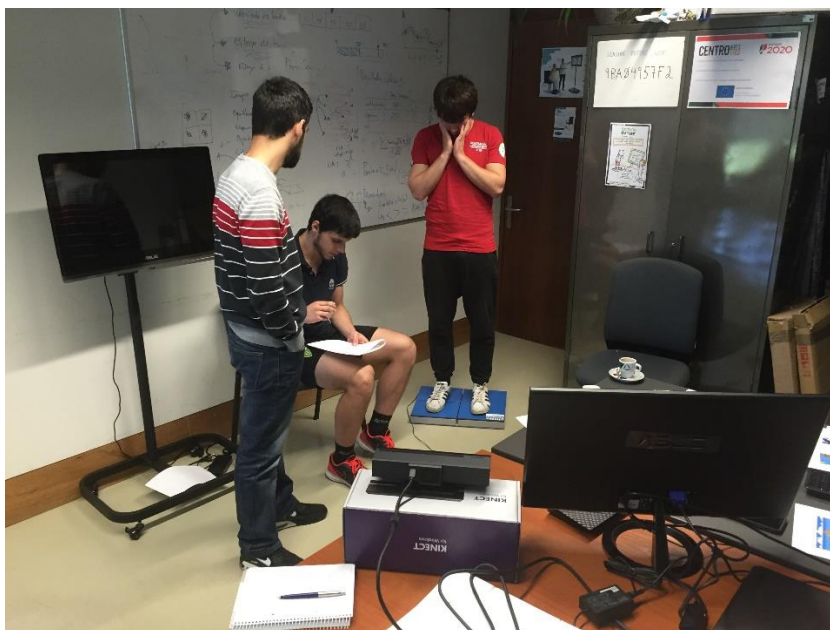


Figura J.1 - Foto tirada durante a realização do segundo *focus group*

Apêndice K

Notas do terceiro focus group

Data: 8 de junho de 2016

Local: IPN

Participantes:

- André Dinis – Estagiário
- Pedro Mendes e Luís Ferreira – Sensing Future
- Paulo Ribeiro, Joel Oliveira, José Teixeira e João França – Engenheiros informáticos com experiência na área do desenvolvimento de jogos

Assuntos:

- Apresentação do jogo
- Discussão de ideias sobre o jogo

Estrutura do Focus Group

- Apresentação do objetivo do *Focus Group*;
- Apresentação do jogo:
 - Objetivo;
 - *Hardware* utilizado;
 - Situações terapêuticas que trabalha;
 - Modos de jogo;
 - Parâmetros de personalização;
 - Demonstração;
 - Relatório clínico;
- Discussão de ideias focada, principalmente, no jogo propriamente dito e nas suas interfaces com o utilizador.

Resumo da discussão de ideias

Sugestões/novas funcionalidades:

- Apresentar resumo do jogo com as taxas de sucesso e as cores correspondentes (semelhante ao que é feito na secção “Resultados Globais” do relatório clínico) no ecrã de fim de jogo;
- Oferecer um duplo *scoring*: um para o profissional de saúde (apresentado no relatório clínico), outro para o utente (apresentado no ecrã de fim de jogo);
- Inclusão de uma silhueta a indicar o que é suposto fazer. Pode ser no início do jogo corrido, sem que essa parte inicial conte para os dados recolhidos e para a pontuação;

- Na situação de jogo em que aparece uma ponte, não há uma segunda oportunidade caso o utente se desequilibre, ao contrário do que acontece nas restantes situações. Tentar incluir segunda oportunidade de alguma forma;
- Disponibilizar diferentes níveis mediante as capacidades do utente;
- Disponibilizar medalhas e/ou bónus que representam um objetivo real;
- Deve existir alguma forma de visualizar o progresso da reabilitação;
- Deve existir alguma forma do utente poder competir com ele próprio.

Comentários genéricos:

- Falta refinar/polir o jogo para ser mais fácil de jogar e de navegar:
 - Interface no geral;
 - Menus;
 - Disponibilizar gráficos diferentes;
 - Mapear melhor as ações entre o que o utente faz e o que a personagem do jogo faz (na situação de jogo do agachamento, por exemplo);
- É muito complicado chegar a um modelo bem refinado/polido, principalmente num jogo 3D. É uma tarefa árdua, longa, dispendiosa e que requer várias pessoas a trabalhar nela (artistas gráficos, programadores, designers, entre outros, dependendo do jogo).



Figura K.1 - Foto tirada durante a realização do terceiro *focus group*

Apêndice L

Notas do evento “Coimbra a Brincar”

Data: 28 de maio de 2016

Local: Pavilhão Centro de Portugal, Parque Verde

Vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=Axluj-sFPo0>

Dados recolhidos

Número de participantes: 29

Idade dos participantes

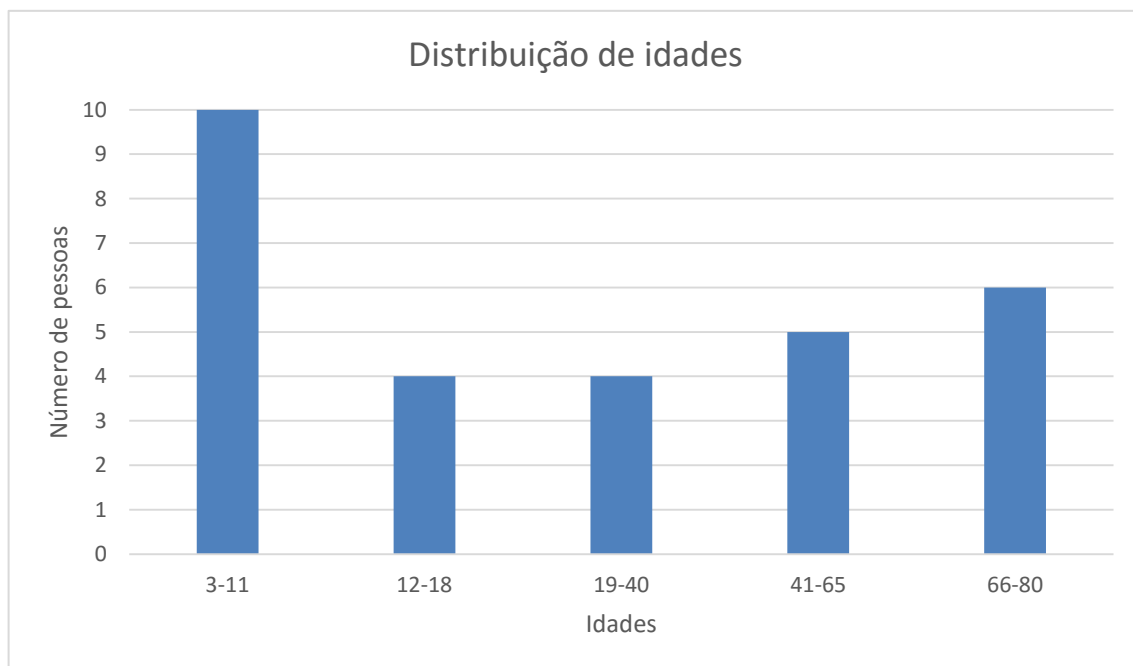


Gráfico 1 - Distribuição de idades dos participantes

Género dos participantes

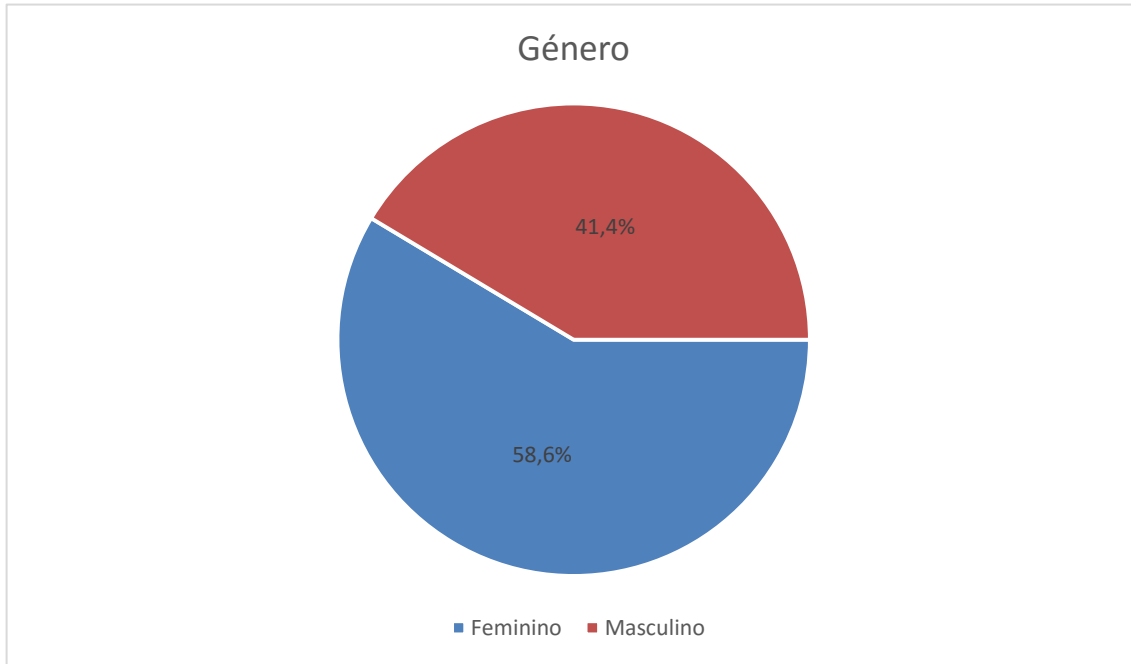


Gráfico 2 - Distribuição dos participantes por género

Classificação do jogo

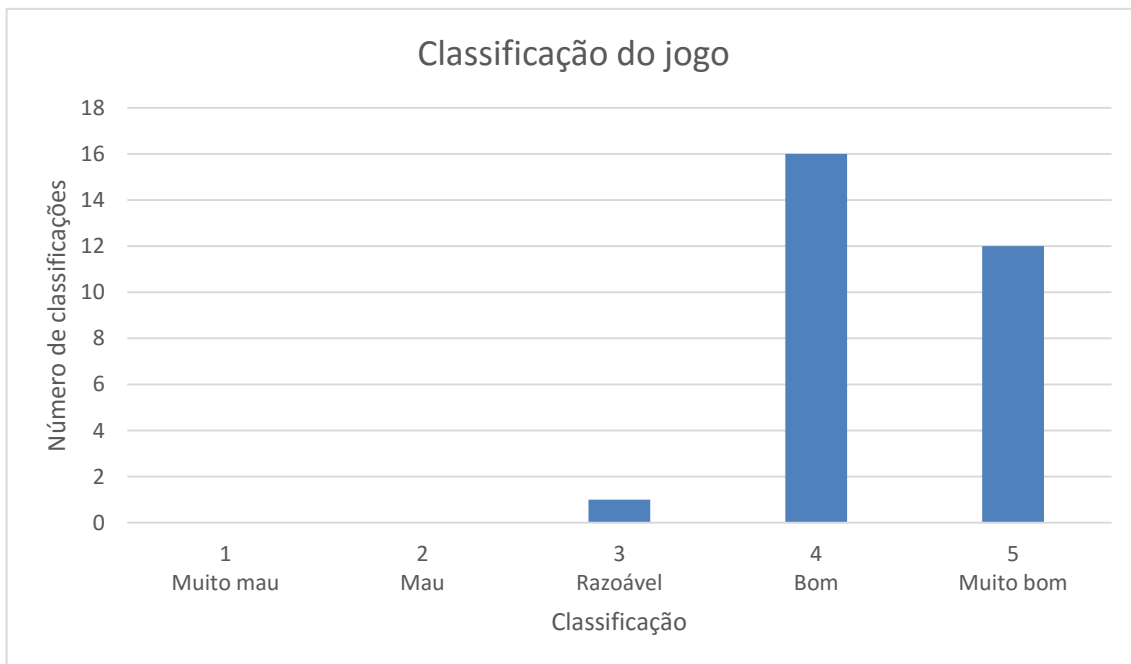


Gráfico 3 – Distribuição da classificação do jogo por parte dos participantes

Comentários das pessoas:

- “Ideia muito interessante e inovadora”.
- “É muito divertido e fácil de jogar.”;

- “É interessante. É sempre o mesmo ambiente?”;
- “Gosto muito destas coisas.” (pessoa idosa);
- “Não fui feito para estas coisas.” (pessoa idosa);
- “Podiam incluir movimentos com os braços e o salto.”;
- “Como é que eu sei o que é para fazer?”;
- “Gostava de ter isto em casa” (pessoa idosa)
- “É o que está a ter mais sucesso tanto com miúdos como com graúdos.” (membro da organização do evento).

Observações

- A reação das pessoas foi positiva e de entusiasmo;
- Algumas das pessoas idosas têm claramente mais dificuldade em transferir carga para um dos membros inferiores e/ou mais dificuldade em ficar em posição unipedal num dos membros inferiores;
- A maior parte das pessoas não sabia o que tinha de fazer ou como se jogava o jogo sem uma explicação prévia ou em tempo real. Este facto não se verificou nas crianças e adolescentes uma vez que ao verem outra pessoa a jogar, perceberam o que tinham de fazer. Algumas das restantes pessoas, ao verem outros a jogar, também não precisaram que lhes fosse dada uma explicação;
- Algumas pessoas inclinavam muito o tronco em vez de transferirem a carga adequadamente nos membros inferiores;
- A manutenção do equilíbrio posterior foi a situação de jogo que as pessoas tiveram mais dificuldade em fazer. No início dos testes, grande parte deles não conseguiram mesmo fazer essa situação. Com o decorrer dos testes o parâmetro “Esforço de transferência de carga a trás” foi sendo ajustado e o desempenho das pessoas foi melhorando. No entanto, não é possível chegar a um valor ótimo para esse ou qualquer outro parâmetro de personalização (à exceção da velocidade de jogo [cf. próximo ponto]), uma vez que depende sempre de cada pessoa em particular;
- A velocidade de jogo foi o único parâmetro de personalização ao qual foi possível inferir um valor padrão e ótimo, pelo menos no que diz respeito às pessoas mais idosas. No início dos testes foi possível reparar que essas pessoas estavam a sentir dificuldades em realizar as situações de jogo com a velocidade “Intermédio”. Com um ajuste deste parâmetro para a velocidade “Lento”, o desempenho das pessoas melhorou e, a partir daí, as dificuldades sentidas já não tinham a ver com a velocidade de jogo mas sim com questões neuromusculoesqueléticas;
- Uma das senhoras que experimentou o jogo tinha próteses nas duas ancas e pediu para não fazer as situações de agachamento e de posição unipedal. Mesmo assim teve muita dificuldade em fazer as situações de jogo que lhe foram apresentadas com os parâmetros previamente definidos. Com um ajuste dos parâmetros para um nível mais fácil (menor velocidade e menor esforço de transferência de carga), o seu desempenho melhorou;
- Para a pessoa que está a personalizar a sessão de jogo, torna-se maçador ter de o fazer cada vez que se quer jogar novamente.

Apêndice M

Notas da defesa intermédia

Comentário/Sugestão	Ação
Prof. Rui Pedro Paiva	
<p>O relatório é por vezes demasiado verboso, com muito texto e pouco destaque de aspetos essenciais. Desta forma, poderia sintetizar melhor os aspetos essenciais, e limitar o restante.</p> <p>Estado da arte muito denso.</p>	<p>As partes do relatório onde a informação estava mais densa foram reescritas, cortadas, resumidas ou destacadas.</p>
<p>Devia colocar o planeamento inicial e o final, que mudanças houve e que impacto houve.</p>	<p>Foi introduzida informação relativa ao planeamento inicial e final.</p>
<p>Não fica muito claro em que é que o produto se diferencia. É necessário complementar a tabela do estado da arte com o produto a desenvolver.</p>	<p>A tabela foi completada com o produto a desenvolver e foram descritos os pontos de diferenciação.</p>
<p>Capítulo 4 (Trabalho desenvolvido) – A categorização dos jogos poderia estar no estado da arte, mas é aceitável como está.</p>	<p>O título do capítulo 4 foi reformulado e, desta forma, a categorização dos jogos fica melhor enquadrada no capítulo.</p>
<p>Motores de jogo: Não é claro se a comparação é feita entre 2 ou 3. Tem de estar mais fluido e ser mais consistente.</p> <p>Porque é que só se consideraram estes dois motores de jogo? Porquê estes e não outros? A justificação estar no relatório. Expor todas as respostas no relatório sucintamente, objetiva e pragmática.</p>	<p>Foi clarificada e justificada a consideração dos 2 motores de jogo.</p>
<p>Os comandos e situações terapêuticas está perfeito. A cereja no topo do bolo seria apresentar a comparação com a tabela inicial. Tem de estar escrito e bem claro tudo o que é distintivo.</p>	<p>Foi criada uma nova tabela que compara as situações terapêuticas oferecidas por cada um dos produtos e pelo jogo a desenvolver e foi introduzida depois da definição das situações terapêuticas.</p> <p>Foi também explicada e justificada a inovação.</p>
<p>O slide 13 da apresentação intermédia é muito importante, facilita muito mais a compreensão.</p>	<p>A imagem foi colocada no relatório.</p>

Comentário/Sugestão	Ação
Especificar os testes e pessoas que os farão. Qual a reação da população mais idosa. Incluir pessoas com diferentes idades. Diversidade e número de população relevante e aceitável.	Foram feitos testes com profissionais de saúde, <i>game developers</i> e potenciais utentes.
Prof. Pedro Abreu	
Resumo é <i>copy-paste</i> de frases do trabalho já usadas. Não deve ser assim.	O resumo foi refeito e não contém trechos ou citações do trabalho.
Não vale a pena ter a empresa e apresentação dos colaboradores, não é relevante. A descrição dos colaboradores não deve estar, ou deve ser resumida.	A descrição da empresa e dos colaboradores foi resumida.
No planeamento não é claro para o leitor a complexidade das tarefas. Pode ser muito banal ou muito complexo.	As tarefas foram descritas resumidamente e foi criado um capítulo respetivo à implementação
<p><i>PhysioSensing</i> já existe na empresa. Falta a integração com o trabalho do André, onde é que ele está a trabalhar, o que é que ele vai fazer. No próximo semestre deve haver um capítulo de arquitetura. O que há e o que vai ser feito? Onde é a intervenção?</p> <p>Falta a motivação do seu trabalho, dentro dos componentes do sistema existente. Com que base parte para o seu trabalho, o que a aplicação já faz, e o que irá adicionar.</p>	Foi escrito um capítulo dedicado à implementação e a arquitetura.
<p>O feedback de 2 fisioterapeutas é reduzido para validar os requisitos pois podem conhecer apenas a realidade deles. Não está no relatório o seu background.</p> <p>Deve considerar mais fisioterapeutas.</p>	<p>Foi adicionado ao relatório o critério de seleção dos fisioterapeutas e o seu background.</p> <p>No 2º semestre foi recebido feedback de 7 fisioterapeutas, 4 dos quais na fase de testes ao jogo.</p>
Para a segunda parte do estágio, coisas como usabilidade e testes de usabilidade são essenciais, a população estratificada, a relevância estatística. Claro que é muito difícil ter o número adequado, inclusivamente de fisioterapeutas, mas dever-se-ia tentar.	Foram feitos testes com profissionais de saúde, <i>game developers</i> e potenciais utentes.
Prof. Pedro Furtado	
Ser mais sintético e objetivo.	Algumas partes do relatório foram reformuladas e foram adicionados mais

Comentário/Sugestão	Ação
	esquemas e tabelas para permitir uma melhor leitura
<p>Arquitetura de <i>software</i>: descrição técnica da arquitetura do <i>software</i> e dos módulos, das partes desenvolvidas e como. Por esta descrição e especificação, deveríamos conseguir perceber a arquitetura de <i>software</i>. Descrever também os algoritmos, as integrações, os módulos e os mecanismos que desenvolver, as APIs e bibliotecas usadas, e os modelos de programação usados.</p>	<p>Foi feito um capítulo sobre a implementação e a arquitetura.</p>