



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Hélder Filipe Costa Freitas

**Desenvolvimento de jogos sérios orientados à
prevenção de lesões nas mãos originadas pelo
esforço repetitivo**

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrónica Industrial e
Computadores

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professora Doutora Filomena Soares

Professor Doutor Vítor Carvalho

DECLARAÇÃO

Nome: Hélder Filipe Costa Freitas

Endereço eletrónico: helder.fcf@hotmail.com Telefone: 916820406

Bilhete de Identidade/Cartão do Cidadão: 14589779

Título da dissertação: Desenvolvimento de jogos sérios para a prevenção de lesões nas mãos originadas pelo esforço repetitivo com a utilização de um sensor 3D

Orientadores:

Professora Doutora Filomena Maria da Rocha Menezes de Oliveira Soares

Professor Doutor Vitor Hugo Mendes da Costa Carvalho

Ano de conclusão: 2017

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrónica Industrial e Computadores

DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE/TRABALHO.

Universidade do Minho, ____/____/____

Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

A conclusão desta dissertação marca o final de uma grande e importante jornada da minha vida e é com um grande satisfação e orgulho que a termino. Dela levarei certamente comigo toda a experiência e as boas e más recordações que me foram proporcionadas, mas que, no fundo, me ajudaram de certo modo a crescer.

Desta jornada resultaram grandes amizades, que certamente continuaram para o resto de uma vida. Como tal, não pode faltar aqui o agradecimento estes meus amigos, mas também aos mais antigos que já me acompanham há mais tempo. A todos eles agradeço pela companhia, amizade e apoio mutuo no decorrer destes anos. Que continuem por muitos mais! Aproveito aqui para lhes desejo tudo do bom e do melhor que a vida lhes possa oferecer.

Agradeço também à minha família, que sempre esteve presente para me ajudar a superar os obstáculos e a celebrar as conquistas. Em especial, agradeço aos meus pais pelo apoio, preocupação e pelo sacrifício que muitas vezes fizeram e fazem para assim, potenciarem tanto o meu como o máximo das minhas irmãs.

Finalmente agradeço aos meus orientadores Professora Doutora Filomena Soares e Professor Doutor Vítor Carvalho pelo acompanhamento, apoio e motivação no desenvolvimento da dissertação.

Depois agradeço também ao Professor Demétrio Matos e aos restantes docentes, que de uma forma ou outra, me ajudaram a concretizar este trabalho, incluindo a Fisioterapeuta Dr.^a Manuela da clinica *Feasy* em Braga, que ajudou a definir os exercícios de prevenção a implementar no sistema. Sem esquecer, claro, de todas as pessoas que testaram e deram as suas opiniões sobre o sistema para que seja possível melhora-lo cada vez mais.

RESUMO

A utilização diária de movimentos repetitivos com as mãos causa lesões que influenciam negativamente o desempenho das pessoas. Estas lesões por esforços repetitivos estão principalmente relacionadas com atividades profissionais, onde os funcionários estão sujeitos a um elevado ritmo de trabalho, onde as tarefas realizadas levam, muitas vezes, a ações repetitivas especialmente em pessoas que trabalham em altos níveis de industrialização, retalhos ou com o uso de tecnologia avançada no processo produtivo.

O objetivo desta dissertação é o desenvolvimento de um conjunto de jogos sérios para evitar lesões nas mãos por esforços repetitivos. Estes jogos recebem, como comandos, os diversos exercícios de prevenção executados pelo jogador. Os exercícios de prevenção, realizados pelo jogador são capturados através do sensor 3D, sendo ele a câmara *Intel RealSense 3D F200*, responsável pela deteção das mãos e dos seus movimentos. O conjunto de jogos foi desenvolvido no *software Unity* e está associado a este sensor.

Os utilizadores que testaram a usabilidade do sistema não foram treinados para jogar os jogos, e não deram continuidade à utilização do sistema, limitando a experiência a um único teste. Assim, com a realização de testes, com vários utilizadores, foi possível detetar as principais restrições do sistema, e obter através de um questionário as opiniões dos jogadores sobre cada jogo em particular e sobre o sistema em geral.

Foi concluído que deveria ser criada uma versão dos jogos com um tutorial antes de cada jogo, para novos utilizadores, e que como previsto, a deteção dos exercícios de alongamento foram os mais complicados de detetar pelo sistema, devido à sobreposição e toque entre as mãos.

A crescente preocupação nas lesões provocadas em atividades profissionais leva a uma maior procura por soluções. Assim, a implementação deste tipo de jogos pode ser uma mais-valia, pois pode originar, de forma mais divertida e motivante, uma redução ou até mesmo a eliminação de lesões por esforços repetitivos.

Palavras-Chave: Jogos Sérios, Lesões Esforço Repetitivo, Prevenção, Exercícios Músculo-articulares, Processamento de Imagem.

ABSTRACT

The daily use of repetitive hand movements causes strain injuries and negatively influence the people performance. These strain injuries are mostly related to professional activities, where the employees are subject to a high rate of work. The performed tasks often lead to repetitive actions, especially in people that work at high levels of industrialization, patchwork or in use of advanced technology in productive process.

The objective of this dissertation is the development of a serious games set to prevent strain injuries in hands. These games receive as commands the diverse prevention exercises executed by the player. The prevention exercises are recognized through the detection of the user hands, and their movements. The serious games were developed in the *Unity* software, where it will be associated to the Intel RealSense 3D Camera F200.

The users who tested the usability of the system were not trained to play these games and did not continue to use the system, limiting the experience to a single test. Thus, by performing tests with several users, it was possible to detect the main constrains of the system, and through a questionnaire it was obtained the opinions of the players about each game and about the system in general.

It was concluded that a tutorial version of the games should be created, for new users and, as expected, the detection of the stretching exercises were the most complicated exercises to detect by the system due to the overlap and touch between the hands.

The growing concern about strain injuries caused by professional activities leads to a higher pursuit for solutions. So, the implementation of this type of games can be an asset, as it can lead, in a more fun and motivated way, to a reduction or even help to eliminate strain injuries.

KEYWORDS: Serious Games, Repetitive Strain Injuries, Prevention, Muscle Articular Exercises, Image Processing.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Lista de figuras.....	xi
Lista de tabelas.....	xv
1. Introdução.....	1
1.1 Esforço repetitivo.....	1
1.2 Lesões originadas pelo esforço repetitivo nas mãos.....	3
1.2.1 Síndrome do túnel cárpico.....	3
1.2.2 Tendinites.....	4
1.2.3 Tenossinovites (Síndrome <i>DeQuervain</i>).....	5
1.3 Problema e enquadramento.....	6
1.4 Motivação.....	6
1.5 Objetivo.....	7
1.6 Publicações científicas resultantes.....	7
1.7 Estrutura do documento.....	8
2. Estratégias e soluções de prevenção e reabilitação de lesões por esforço repetitivo das mãos.....	9
2.1 Ginástica laboral.....	9
2.2 Trabalhos relacionados.....	10
2.3 Dispositivos para detetar as mãos.....	11
3. Metodologia.....	13
3.1 Exercícios de prevenção para as mãos.....	13
3.1.1 Alongamento.....	13
3.1.2 Aquecimento.....	15
3.2 Requisitos do sistema.....	18
3.3 Questionários de usabilidade e aceitação dos jogos.....	19
4. Desenvolvimento.....	23
4.1 <i>Hardware e software</i> utilizados.....	23

4.1.1	<i>Unity, Visual Studio (C#), Photoshop e Audacity</i>	24
4.1.2	<i>Camera RealSense F200 Intel</i>	26
4.2	Sistema	28
4.3	Modelos das mãos	28
4.4	Módulos de reconhecimento das mãos (<i>Camera RealSense F200 Intel</i>)	31
4.5	Reconhecimento de gestos.....	34
4.6	Desenvolvimento dos jogos.....	45
4.6.1	Jogo 1 – <i>Ping Pong Game</i>	45
4.6.2	Jogo 2 – <i>Space Ship Game</i>	49
4.6.3	Jogo 3 – <i>Hedgehog Invasion Game</i>	53
4.6.4	Jogo 4 – <i>Rats Invasion Game</i>	58
4.6.5	Jogo 5 – <i>Car Run Game</i>	61
4.6.6	Jogo 6 – <i>Hand Flow Game</i>	64
4.6.7	Jogo 7 – <i>Shooting Game</i>	68
4.6.8	<i>Final Scene</i>	72
5.	Testes e validação do sistema	73
5.1	Testes de desenvolvimento em laboratório.....	73
5.2	Testes de usabilidade	74
5.3	Análise das sugestões/observações dos utilizadores	81
6.	Conclusões e trabalho futuro.....	85
	Referencias	89
	Anexo I – Questionário.....	93

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Síndrome do Túnel Cárpico, reproduzido por (Move Forward, n.d.).....	3
Figura 2 - Doença de DeQuervain, reproduzido por (Chiropractic, 2015)	5
Figura 3 - Leap Motion, reproduzido por (“Leap Motion,” n.d.).....	11
Figura 4 - Intel RealSense Camera F200, reproduzido por (Nichols, 2015).	12
Figura 5 - Kinect, reproduzido por (“Kinect Image,” n.d.).....	12
Figura 6 - Exercício de alongamento do pulso. a) Pulso dobrado para cima. b) Pulso dobrado para baixo.	14
Figura 7 - Exercício de alongamento dos dedos. a) Alongamento do polegar. b) Alongamento do dedo médio e do indicador.....	14
Figura 8 - Exercício de aquecimento do pulso, movimento de rotação.....	15
Figura 9 - Exercício de aquecimento do pulso, com movimentos horizontais.	16
Figura 10 - Exercício de aquecimento do pulso, com movimentos verticais.	16
Figura 11 - Exercício de aquecimento, esticar e fletir os dedos.	17
Figura 12 - Exercício de aquecimento dos dedos, unir o polegar a cada um dos restantes dedos.	17
Figura 13 - Exercício de aquecimento, movimento aleatório dos dedos.	17
Figura 14 - Modelo de Aceitação de Tecnologia, adaptado de (Davis et al., 1989).	19
Figura 15 - Logotipos do software utilizado. a) Unity, reproduzido de (“Unity - Brand,” n.d.). b) Visual Studio, reproduzido de (“Visual Studio Enterprise,” n.d.). c) Photoshop, reproduzido de (“Adobe Photoshop CS6,” n.d.).....	23
Figura 16 - Capa de alguns jogos desenvolvidos em Unity, reproduzido de (“kerbal,” n.d.), (“Hearthstone,” n.d.), (“Battlestar Galactica,” n.d.), (“Assassins-Creed,” n.d.) e (“Rust,” n.d.)	24
Figura 17 - Capa de Jogo.....	25
Figura 18 - Intel Camera RealSense F200, reproduzido de (“f200_camera,” n.d.)	26
Figura 19 - Sistema implementado.	28
Figura 20 - Todos os tracking points capturados pela câmara, retirado de (IntelRealSense, 2014).....	29
Figura 21 - Tracking Points utilizados no sistema, adaptado de (IntelRealSense, 2014).	29
Figura 22 - Conjunto de assets que representam todos os tracking points das mãos.....	30
Figura 23 – Modelo das mãos utilizado no Unity.	31
Figura 24 - Importar os Módulos da Câmara para o Unity.....	32

Figura 25 - Adicionar o componente o “Tracking Action” ao Inspector do objeto de jogo.	32
Figura 26 - Conjunto de opções escolhidas para configurar os tracking points. a) Lista de escolhas possíveis para a detecção das mãos. b) Lista de tracking points.....	33
Figura 27 - Configuração do modulo Tracking Action para o tracking Point do pulso direito.	34
Figura 28 – Hands Scene. a) Captura da posição dos tracking points da mão direita. b) Captura da posição dos tracking points da mão esquerda.	35
Figura 29 - Fluxograma dos processos de identificação de exercícios de aquecimento do pulso. a) Mover pulso para cima. b) Mover pulso para baixo.	37
Figura 30 - Fluxograma dos processos de identificação de exercícios de aquecimento do pulso. a) Mover pulso para a esquerda. b) Mover pulso para a direita.	38
Figura 31 - Fluxograma dos processos de identificação de exercícios de aquecimento do pulso. a) Rodar pulso direito. b) Rodar pulso esquerdo.	39
Figura 32 - Fluxograma dos processos de identificação de exercícios de aquecimento dos dedos. a)Valores guardados a cada 10 frames. b) Movimentar os dedos aleatoriamente.	40
Figura 33 - Fluxograma dos processos de identificação de exercícios de aquecimento dos dedos. a) Esticar os dedos. b) Fletir os dedos.	41
Figura 34 - Fluxograma dos processos de identificação de exercícios de aquecimento dos dedos. Juntar ao polegar um dos restantes dedos da mão.	41
Figura 35 - Fluxograma dos processos de identificação de exercícios de alongamento do pulso. Alongamento do pulso direito para cima.	42
Figura 36 - Fluxograma dos processos de identificação de exercícios de alongamento do pulso. Alongamento do pulso esquerdo para baixo.	43
Figura 37 - Fluxograma dos processos de identificação de exercícios de alongamento dos dedos médio e indicador da mão esquerda.....	44
Figura 38 - Fluxograma dos processos de identificação de exercícios de alongamento do polegar.	44
Figura 39 - Ping Pong Game.	46
Figura 40 – Posicionamento dos tracking points da mão para executar o exercício de aquecimento do pulso, como movimentos verticais.	46
Figura 41 - Fluxograma do processo para a identificação dos comandos do jogo 1.	47
Figura 42 - Assts do jogo 1.	47
Figura 43 - Space Ship Game.	49

Figura 44 - Posicionamento dos tracking points da mão para executar o exercício de aquecimento do pulso, como movimentos horizontais.	50
Figura 45 - Posicionamento dos tracking points da mão para executar o exercício de aquecimento dos dedos. Esticar e Fletir.	50
Figura 46 - Fluxograma do processo para a identificação dos comandos do jogo 2.	51
Figura 47 - Assets do jogo 2.	51
Figura 48 - Hedgehog Invasion Game.....	53
Figura 49 - Posicionamento dos tracking points da mão para executar o exercício de aquecimento com movimentos rotativos do pulso.....	54
Figura 50 - Posicionamento dos tracking points da mão para executar o exercício de aquecimento dos dedos. Esticar e Fletir os dedos.	54
Figura 51 - Fluxograma do processo para a identificação dos comandos do jogo 3.	55
Figura 52 - Assets jogo 3.	56
Figura 53 - Dez níveis do jogo Hedgehog Invasion Game.	57
Figura 54 - Rats Invasion Game.	58
Figura 55 - Posicionamento dos tracking points da mão para executar o exercício de aquecimento dos dedos. Unir ao polegar os restantes dedos (um de cada vez).....	59
Figura 56 - Fluxograma do processo para a identificação dos comandos do jogo 4.	60
Figura 57 - Assets do jogo 4.	60
Figura 58 - Car Run Game.	62
Figura 59 - Posicionamento dos tracking points da mão para executar o exercício de aquecimento dos dedos. Movimento aleatório dos dedos, das duas mãos.	62
Figura 60 - Fluxograma do processo para a identificação dos comandos do jogo 5	63
Figura 61 - Assets do jogo 5.	63
Figura 62 - Hand Flow Game.	65
Figura 63 - Posicionamento dos tracking points da mão para executar o exercício de alongamento do pulso.....	65
Figura 64 - Fluxograma do processo para a identificação dos comandos do jogo 6	66
Figura 65 - Assets do jogo 6.	67
Figura 66 - Shooting Game.	69
Figura 67 - Posicionamento dos tracking points da mão para executar o exercício de alongamento dos dedos médio, indicador e polegar.	69

Figura 68 - Fluxograma do processo para a identificação dos comandos do jogo 7.	70
Figura 69 - Assets do jogo 7.	71
Figura 70 - Final Scene. Pontuação final obtida.	72
Figura 71 - Respostas do questionário respetivas ao PingPong Game.	75
Figura 72 - Respostas do questionário respetivas ao SpaceShip Game.....	76
Figura 73 - Respostas do questionário respetivas ao HedgehogInvasion Game.....	77
Figura 74 - Respostas do questionário respetivas ao RatsInvasion Game.	78
Figura 75 - Respostas do questionário respetivas ao CarRun Game.	78
Figura 76 - Respostas do questionário respetivas ao HandFlow Game.	79
Figura 77 - Respostas do questionário respetivas ao Shooting Game.	80
Figura 78 - Resultados do questionário SUS.....	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Questionário da Escala de Usabilidade do Sistema.....	21
Tabela 2 - Questionário da Escala de Usabilidade do Sistema utilizado.	22
Tabela 3 - Especificações da Camera RealSense F200 Intel, reproduzido de (IntelRealSense, 2014)..	27

2. INTRODUÇÃO

Este capítulo aborda o problema das lesões provocadas pelo esforço repetitivo, mais especificamente as derivadas do esforço repetitivo nas mãos. De seguida, é apresentado o problema e o enquadramento, a motivação e o objetivo da dissertação. Referem-se as publicações científicas resultantes e termina-se com a apresentação da estrutura da dissertação.

2.1 Esforço repetitivo

A problemática abordada nesta dissertação é a prevenção de lesões nas mãos originadas pelo esforço repetitivo. Estas lesões acontecem devido à constante realização de um certo movimento, ou seja, faz-se o uso excessivo de certos músculos e articulações das mãos (Aptel, Aublet-Cuvelier, & Cnockaert, 2002; Moreira, 2015). Embora o seu surgimento não seja algo recente, tem afetado cada vez mais pessoas e está sobretudo ligado a atividades profissionais, principalmente em pessoas que trabalham em indústrias, retalhos ou em dispositivos de computação, pois estão sujeitos a um elevado ritmo de trabalho onde as tarefas que excutam originam muitas vezes ações repetitivas, o que contribui para o surgimento de lesões por esforços repetitivos.

Após a revisão da literatura, verificou-se já a existência de uma grande pesquisa e investigação sobre as lesões por esforços repetitivos nos setores da indústria, serviços e lazer. No entanto, as soluções prendem-se principalmente no repouso e na fisioterapia, que só se sucedem após o surgimento da lesão no utente. Isto acontece, principalmente, devido à falta de sensibilidade para esta problemática (Moreira, 2015). Assim, a prevenção é a melhor medida para evitar este tipo de lesões (Valachi & Valachi, 2003), onde vários autores recomendam a execução de exercício físico, principalmente exercícios de alongamento e de aquecimento (Aptel et al., 2002; Nunes & Bush, 2011; Florentino Serranheira, Pereira, Santos, & Cabrita, 2003; L. M. O. Silva, 2015; Simoneau, St-Vincent, & Chicoine, 1996).

As principais lesões provocadas nas mãos devido a esforços repetitivos são a síndrome do túnel cárpico, tendinites e a síndrome de *DeQuervain*. Estas lesões são responsáveis por causar dor e incapacidade funcional dos membros superiores, que inclui tendões, músculos, articulações, nervos e vasos sanguíneos (Aptel et al., 2002). Estas lesões têm sido um problema nos países industrializados, uma vez que as atividades profissionais destes países são caracterizadas por movimentos repetitivos que requerem grandes esforços para os realizar (L. M. O. Silva, 2015).

Hoje em dia, as pessoas estão cada vez mais sujeitas a altas taxas de trabalho onde as tarefas que realizam levam muitas vezes a ações repetitivas (Aptel et al., 2002; Nunes & Bush, 2011; Shipra, Rohit, & Aggarwal, 2015; Simoneau et al., 1996). As lesões por esforços repetitivos afetam cada vez mais pessoas, e estão diretamente relacionadas com as atividades profissionais, essencialmente em pessoas que trabalham em retalhos, ou em altos níveis de industrialização ou no uso de tecnologia avançada no processo produtivo (Oliveira & Barreto, 1997).

As lesões por esforço repetitivo influenciam negativamente o desempenho do funcionário, o que leva à redução da sua produtividade, uma vez que têm de realizar as suas tarefas com dor e desconforto (Moreira, 2015). A falta de sensibilização para este problema leva os responsáveis a acreditarem que o custo associado com a prevenção desta problemática é uma despesa desnecessária (Anliker, 2005). No entanto, a longo prazo e com o surgimento destas lesões e doenças nos funcionários, os gastos associados, causam uma maior despesa que o investimento em formas de prevenção. Por vezes o tratamento leva a grandes períodos de incapacidade para o trabalhador, e ocasionalmente, pode levar mesmo a reformas antecipadas (Moreira, 2015).

Esta situação, de ter colaboradores ausentes durante grandes períodos de tempo, é difícil de gerir por parte dos patrões, porque a ausência prolongada de um colaborador obriga à distribuição das suas tarefas por outros colaboradores ou à contratação temporária de um novo, em quem é necessário ainda investir na sua formação (F. Serranheira, Lopes, & Sousa Uva, 2003). O tratamento deste tipo de lesões geralmente implica longos períodos de incapacidade temporária para o trabalhador, o que pode causar quebras de produção e alguns contratempos (Simoneau et al., 1996) e assim, dificultar a empresa a atingir os seus objetivos de produção e rendimento.

Em Portugal, não existem dados sobre este tipo de doença, no entanto, segundo a Associação Portuguesa de Ergonomia, o número de casos notificados no Centro Nacional de Proteção Contra Riscos Profissionais têm vindo a aumentar, (Garganta, n.d.).

Assim, podem ser aplicadas várias medidas de prevenção, tais como: programas de exercícios no local de trabalho (Simoneau et al., 1996), ou através de uma aula diária de ginástica laboral (Neto, 2015), ou também através da constante vigilância médica do empregado, para que se possa avaliar e prevenir o surgimento de tais lesões (Florentino Serranheira et al., 2003). A criação de programas e estratégias para o benefício da saúde pode, inclusivamente, influenciar positivamente a qualidade de vida do colaborador a partir do seu quotidiano laboral (C. de O. Martins & Michels, 2001).

2.2 Lesões originadas pelo esforço repetitivo nas mãos

As lesões músculo-esqueléticas afetam cada vez mais pessoas, e estão diretamente relacionadas com as atividades profissionais. O tratamento deste tipo de lesões geralmente implica longos períodos de incapacidade e devido à falta de sensibilização no tema, muitos acreditam que o tempo consumido pela prevenção é tempo desperdiçado.

As lesões mais comuns originadas pelo esforço repetitivo nas mãos são a síndrome do túnel cárpico, tendinites e a doença de *DeQuervain* ou tenossinovites. Estas doenças afetam os músculos, tendões, nervos e os vasos sanguíneos, o que causa dor e incapacidade funcional dos membros superiores (Aptel et al., 2002), e conseqüentemente a realização de tarefas diárias com dor e maior dificuldade.

2.2.1 Síndrome do túnel cárpico

A síndrome do túnel cárpico é uma neuropatia periférica causada pelo encarceramento do nervo mediano por compressão, estiramento, fricção ou angulação num espaço confinado (túnel cárpico), (F. Serranheira et al., 2003). A Figura 1 apresenta uma mão com o nervo mediano indicando os dedos que o nervo mediano afeta. Mostra também um corte transversal para diferenciar um pulso saudável de um pulso com síndrome do túnel cárpico.

A síndrome do túnel cárpico surge principalmente nas pessoas com idade de trabalho e por vezes é relacionada com a atividade profissional. Esta doença afeta principalmente os três primeiros dedos da mão, sendo eles o polegar, o indicador e o dedo médio. O movimento repetitivo causa inflamação dos tendões no pulso, o que leva a uma pressão sobre o nervo mediano. Esta lesão leva ao entorpecimento da mão, a sensações de formiguiços e dores são contínuas ou intermitentes e surgem geralmente durante a noite, impedindo o paciente de dormir (Shuttleworth, 2004).

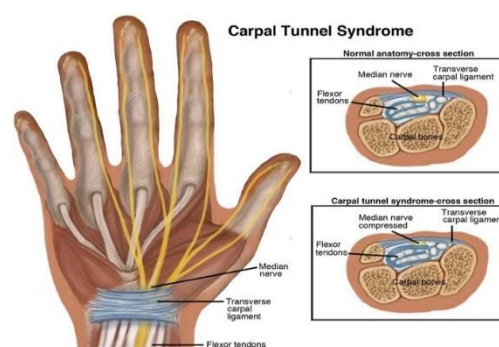


Figura 1 - Síndrome do Túnel Cárpico, reproduzido por (Move Forward, n.d.)

Os principais fatores que levam ao surgimento desta lesão são os movimentos repetitivos, vibrações sofridas na mão, o uso de demasiada força e posturas erradas da mão, onde a combinação entre estes fatores tem um risco mais elevado para o surgimento desta lesão.

Para tratar esta lesão a primeira recomendação é descansar a área afetada. No entanto, esta medida leva o colaborador a ausentar-se do trabalho. Outra medida é tomar analgésicos e anti-inflamatórios. No entanto, a taxa de sucesso, para tratar esta lesão com este método, é extremamente baixa. Podem ser realizados exercícios de fisioterapia ou massagens.

Esta lesão pode ser prevenida fazendo-se pequenos intervalos a cada 40 minutos e através de uma rotina de exercícios de alongamento, que ajuda na circulação do sangue e ajuda os músculos a aumentar a sua flexibilidade e destreza (Anliker, 2005).

2.2.2 Tendinites

As tendinites consistem na inflamações das bainhas dos tendões ao redor de uma articulação (Nunes & Bush, 2011). Os tendões são estruturas que unem os músculos ao esqueleto, e com o uso excessivo do punho dá-se uma sobrecarga de trabalho nos tendões, o que gera lesões microscópicas. Logo, o organismo vai tentar recuperar destas micro lesões. No entanto, se o uso excessivo, por movimentos repetitivos persistir pode ocorrer inchaço por inflamação, tornando o tendão lesionado mais vulnerável à sobrecarga, causando a tendinite (Simoneau et al., 1996). Os principais sintomas de uma tendinite são dor, fraqueza, inchaço, sensação de ardência nas zonas afetadas (Nunes & Bush, 2011), principalmente ao realizar movimentos rotativos, como por exemplo abrir uma torneira ou rodar uma maçaneta de uma porta.

Assim, para iniciar o tratamento é importante repousar para evitar um maior desgaste das articulações. Depois pode ser aplicado gelo nas zonas afetadas, pois o frio faz diminuir o inchaço e alivia a dor. Outra medida consiste em tomar analgésicos e anti-inflamatórios receitados pelo médico, e fazer fisioterapia diariamente. Caso estes tratamentos não funcionem, pode-se recorrer sempre à cirurgia para raspar os tendões, diminuindo assim a espessura do tendão afetado. E após a cirurgia é necessário retomar as sessões de fisioterapia (Pinheiro, n.d.).

Para prevenir o surgimento desta lesão devem ser realizados diariamente exercícios de alongamento e de relaxamento nas áreas que sofrem maior *stress* diário.

2.2.3 Tenossinovites (Síndrome *DeQuervain*)

A tenossinovite é a inflamação simultânea de um tendão e da sua bainha sinovial envolvente, ou seja, ao ocorrer uma tendinite o tendão incha e comprime a bainha, fazendo com que esta fique inflamada (Simoneau et al., 1996). A Figura 2 apresenta uma mão afetada por uma tenossinovite, mais conhecida por síndrome de DeQuervain. Esta lesão é originada devido a esforços repetitivos usando o polegar e afeta principalmente adultos entre os 30 e 50 anos de idade, sendo as mulheres são dez vezes mais afetadas que os homens.

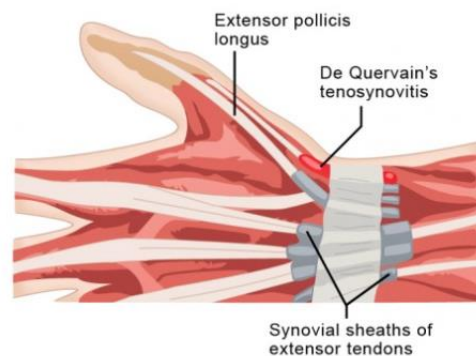


Figura 2 - Doença de DeQuervain, reproduzido por (Chiropractic, 2015)

Esta lesão afeta os tendões e bainhas do punho na base do polegar e tem como sintomas formiguelo, inchaço dormência e dor na parte inferior do polegar (Nunes & Bush, 2011). A ocorrência desta lesão no utente pode levá-lo a desenvolver a síndrome do túnel cárpico.

Para realizar o tratamento desta lesão é necessário repousar a mão, sem fazer atividades que exijam movimentos repetitivos do polegar, ou pode ser colocada uma tala como forma de imobilizar o dedo. Depois são receitados analgésicos e anti-inflamatórios para desinflamar os tendões. E por fim, a fisioterapia, que isoladamente não apresenta grandes resultados, mas juntamente com as medidas anteriores ajuda no tratamento. Este tratamento torna-se mais eficaz se for realizado nas primeiras seis semanas após o início dos sintomas. Em casos extremos, ou quando a dor persiste mesmo após o tratamento, a cirurgia é o tratamento seguido (Lima, n.d.).

A prevenção desta lesão passa por fazer pausas regulares, ao longo do dia de trabalho, e durante essas pausas realizar exercícios de alongamento e relaxamento muscular de modo a aliviar o *stress* acumulado.

2.3 Problema e enquadramento

Estas lesões têm sido um problema principalmente nos países industrializados. Hoje em dia, as pessoas estão cada vez mais sujeitas a altas taxas de trabalho onde as tarefas que realizam levam muitas vezes a ações repetitivas. Atualmente, as lesões por esforços repetitivos têm afetado cada vez mais pessoas e está sobretudo ligadas a atividades profissionais (Oliveira & Barreto, 1997). Como tal, o alongamento e aquecimento apropriado de músculos e articulações irá preparar o indivíduo para atividades musculares intensas (Moreira, 2015).

Sendo o pulso onde todos os nervos, tendões e vasos sanguíneos passam para a mão, é importante realizar um alongamento apropriado. Alongar o polegar, o dedo indicador e o dedo do meio é também importante, pois são os dedos mais usados no dia-a-dia. Além disso, esses dedos são afetados pelo nervo mediano, que passa através do túnel do carpo (Freitas, Carvalho, Soares, & Matos, 2017). A regular realização de exercícios alongamento aumenta a flexibilidade, pode promover a prevenção de lesões e melhorar a capacidade de recuperação caso o trabalhador eventualmente sofra de qualquer lesão (Fragelli & Günther, 2012). Os exercícios de alongamento devem ser realizados pelo menos duas vezes por dia, mais precisamente no início e no final das atividades diárias. O aquecimento dos músculos e articulações, ativa a circulação do sangue e vai preparar a pessoa para tarefas que exijam intensa atividade muscular (Moreira, 2015), como tal os exercícios de aquecimento devem ser realizados pelo menos uma vez antes de se iniciar as tarefas diárias.

O desenvolvimento de atividades de aquecimento e relaxamento das mãos é uma solução adequada na prevenção destas lesões. A implementação destas atividades em empresas e estabelecimentos pode ser uma mais-valia, pois fará com que os funcionários possam realizar estes exercícios e assim prevenir o surgimento de futuras lesões.

A implementação dos exercícios de prevenção/relaxamento num jogo permitirá ao utilizador usufruir de uma forma mais divertida e cativante de realizar a prevenção de lesões nas mãos por esforços repetitivos.

2.4 Motivação

Atualmente, as lesões por esforços repetitivos têm afetado cada vez mais pessoas e está sobretudo ligado a atividades profissionais, principalmente em pessoas que trabalham em indústrias, retalhos ou em dispositivos de computação (Oliveira & Barreto, 1997), pois estão sujeitos a ritmo elevado de trabalho onde as tarefas que executam originam muitas vezes ações repetitivas.

A falta de sensibilização para a prevenção leva muitas vezes os empregadores a considerarem que as despesas associadas com a prevenção são despesas desnecessárias. No entanto, a longo prazo e com o surgimento destas lesões nos seus funcionários os gastos associados tornam-se superiores às despesas na prevenção, uma vez que o tratamento passa pelo repouso. Esta situação é complicada de gerir para as empresas, pois estas lesões originam períodos de incapacidade temporária para o colaborador, ou até mesmo a reformas antecipadas (Moreira, 2015). A ausência prolongada de um funcionário obriga a uma distribuição das suas tarefas pelos restantes funcionários ou à contratação temporária de um novo funcionário. Isto pode levar a quebras de produção e trazer alguns contratempos que poderão condicionar os objetivos da empresa (Simoneau et al., 1996).

Assim, este é um tema atual e pertinente que atende às necessidades de prevenção às pessoas que tipicamente estão sujeitas a estas lesões.

2.5 Objetivo

A presente dissertação tem como objetivo o desenvolvimento de um jogo sério para a prevenção de lesões nas mãos devido ao esforço repetitivo. Para a concretização deste objetivo principal é necessário, primeiro conhecer-se quais os exercícios que mais se adequam à prevenção destas lesões. Depois é necessário desenvolver um sistema capaz de detetar as mãos e fazer o rastreamento dos pontos importantes, ou seja, dos *tracking points* da mão. De seguida, é necessário desenvolver um mecanismo que reconheça automaticamente os gestos das mãos que representem os vários exercícios de prevenção. Por fim, desenvolver uma atividade, isto é, uma série de jogos, onde a execução dos exercícios de prevenção leve o jogador a progredir nos jogos, e assim, realizar diariamente os exercícios de prevenção recomendados de uma forma lúdica e divertida.

2.6 Publicações científicas resultantes

No decorrer do trabalho foram publicados os seguintes artigos em conferências internacionais com *referee*:

- Hélder Freitas, Vitor Carvalho, Filomena Soares, *Virtual Application to Prevent Repetitive Strain Injuries in Hands*, VipIMAGE 2017, Porto, Portugal, 18-20 October 2017.
- Hélder Freitas, Filomena Soares, Vitor Carvalho, Demétrio Matos, *Serious Games Development as a Tool to Prevent Repetitive Strain Injuries in Hands: First Steps*, ICL2017,

International Conference on Interactive Collaborative Learning, Budapeste, Hungria, *September* 2017.

- Helder Freitas, Vitor Carvalho, Filomena Soares, Demetrio Matos, *Virtual Application for Preventing Repetitive Strain Injuries on Hands: First Insights*, BIODEVICES 2017, 10th International Conference on Biomedical Electronics and Devices, Porto, Portugal, 21-23 *February* 2017.

2.7 Estrutura do documento

Este documento está dividido em 6 capítulos, onde no segundo capítulo são abordadas as soluções de prevenção e de reabilitação das lesões causadas pelo esforço repetitivo. Inicialmente este capítulo aborda os exercícios de fisioterapia e reabilitação existentes para combater as lesões causadas por esforços repetitivos. Depois é abordada a ginástica laboral, que é atualmente uma solução bastante utilizada para a prevenção de lesões por esforço repetitivo no trabalho. Por fim, foram pesquisadas outras soluções para esta problemática.

No terceiro capítulo é apresentada a metodologia de desenvolvimento utilizada no documento. Este capítulo começa por apresentar vários exercícios de aquecimento e alongamento recomendados para a prevenção de lesões por esforços repetitivos nas mãos. Depois apresenta os requisitos do sistema, a metodologia usada para o reconhecimento dos gestos dos exercícios de prevenção. Finalmente, é abordada a metodologia usada para o desenvolvimento do questionário de usabilidade da aplicação proposta.

No quarto capítulo são descritos o *hardware* e o *software* utilizados, o sistema implementado e os módulos da Intel para o reconhecimento dos pontos de rastreamento da mão. Para concluir este capítulo é abordado o desenvolvimento de todos os jogos.

O capítulo cinco mostra os resultados dos testes realizados em laboratório com vários utilizadores, e também a avaliação da implementação dos exercícios de prevenção por parte de um profissional de saúde. Depois é apresentada a avaliação dos questionários, e finalmente são analisados os dados obtidos através do *feedback* obtido por parte dos utilizadores e da profissional de saúde e dos respetivos questionários. Por fim, o capítulo 6 refere-se às conclusões obtidas no presente trabalho, bem como a propostas de objetivos futuros.

3. ESTRATÉGIAS E SOLUÇÕES DE PREVENÇÃO E REABILITAÇÃO DE LESÕES POR ESFORÇO REPETITIVO DAS MÃOS

Neste capítulo é apresentado o tema da ginástica laboral, como meio de prevenção de lesões músculo-esqueléticas relacionadas com o trabalho e refere soluções já existentes para a prevenção e reabilitação de lesões por esforços repetitivos. Assim, são abordados trabalhos desenvolvidos na área da fisioterapia e alguns dispositivos que poderiam ser utilizados para o desenvolvimento deste projeto e alguns projetos desenvolvidos com esses dispositivos.

3.1 Ginástica laboral

A necessidade de implementação de programas de ginástica laboral tem vindo a aumentar, pois verifica-se, neste momento, a nível mundial uma busca insaciável pelo aumento da produtividade devido à grande concorrência, a todos os níveis, entre empresas. O alcance de tais níveis de produtividade pode levar os colaboradores a contraírem lesões músculo-esqueléticas (Rodrigues Coelho, 2009). Então, programas para melhorar a qualidade de vida dos colaboradores, como a ginástica laboral, tendem a tornar-se indispensáveis para as empresas. Assim, a ginástica laboral tem como principal objetivo diminuir e prevenir os casos de lesões musculoesqueléticas relacionadas com o trabalho. A ginástica laboral conta com uma sequência de exercícios realizados no local de trabalho por breves períodos de tempo.

Os primeiros registos do surgimento da ginástica laboral surgem na Polónia em 1925. Existem também relatos destas práticas na Holanda, Rússia, Bulgária e Alemanha. Em 1928 no Japão esta prática já existia, com o objetivo de descontrair e melhorar os níveis de saúde. Mas, foi após a segunda guerra mundial que esta prática foi espalhada por todo o país, aumentando a produtividade das empresas e melhorando o bem-estar dos colaboradores, o que faz do Japão um grande impulsionador da ginástica laboral. Em Portugal, ainda existe um longo caminho a percorrer, contudo nos últimos anos, apesar da resistência inicial dos gestores, dezenas de empresas têm aderido a esta prática, (Rodrigues Coelho, 2009).

Estudos indicam que a prática da ginástica laboral, entre três a doze meses traz benefícios para a empresa, pois leva a uma diminuição dos gastos com assistência médica e o número de acidentes de trabalho, além de melhorar a imagem da empresa e o ambiente de trabalho (Sampaio & Oliveira,

2008). A prática da ginástica laboral leva também a uma maior produtividade dos seus colaboradores, pois reduz o *stress*, a fadiga, o desconforto físico e a incidência de lesões ocupacionais, o que leva a um maior lucro empresarial e uma melhor qualidade de vida do funcionário (Garganta, n.d.).

No entanto, somente a utilização da ginástica laboral não é suficiente para prevenir tais lesões musculoesqueléticas. Para isso, também é necessária a criação de políticas de benefícios sociais e a colaboração de técnicos de segurança do trabalho, de médicos ocupacionais e os recursos humanos (Sampaio & Oliveira, 2008).

3.2 Trabalhos relacionados

Neste subcapítulo são abordados alguns trabalhos desenvolvidos no âmbito de prevenção e de reabilitação de lesões músculo-esqueléticas, utilizando dispositivos de visão como intermediários para obter informações sobre os seus utilizadores sem a necessidade de supervisão de um médico fisioterapeuta. São também abordados trabalhos onde o dispositivo de visão foi utilizado para realizar o reconhecimento de gestos.

O projeto "*A Real-time Ergonomic Monitoring System using the Microsoft Kinect*", (Martin et al., 2012) foi desenvolvido utilizando o sensor *Microsoft Kinect* e tem como objetivo avaliar em tempo real se a postura dos funcionários a levantar e/ou transportar cargas é correta. Este trabalho enquadra-se na prevenção de lesões músculo-esqueléticas, pois ajuda a corrigir a postura do funcionário no local de trabalho, que representa um dos principais fatores para o surgimento de tais lesões.

O projeto "*Using Leap Motion and Gamification to Facilitate an Encourage Rehabilitation for Hand Injuries: Leap Motion for Rehabilitation*" utiliza o *Leap Motion* para realizar a reabilitação nos seus utilizadores. Estes recebem *feedback* dos exercícios executados e o sistema guarda esses dados para poderem ser posteriormente vistos pelo profissional de saúde.

O trabalho desenvolvido no projeto "*Development and Evaluation of Low Cost Game-Based Balance Rehabilitation Tool Using the Microsoft Kinect Sensor*" tem como objetivo a realização de exercícios de reabilitação ao jogar um jogo. Embora existam semelhanças no objetivo principal entre este trabalho e o trabalho apresentado neste documento, os exercícios realizados são diferentes; o trabalho tem como finalidade a reabilitação, quando o presente documento tem como fim a prevenção (Lange et al., 2011).

O projeto "*Changing How People Look at Physical Therapy*" tem como objetivo ajudar as pessoas a recuperar da doença de Parkinson. Para isso foi utilizado o *Leap Motion* e foram

desenvolvidos uma série de jogos onde os utilizadores tem de realizar exercícios de reabilitação (Colgan, 2015).

O projeto “*Hand Gesture Recognition System based in Computer Vision and Machine Learning: Applications on Human-Machine Interaction*” (Trigueiros, 2013) tem como objetivo reconhecer os gestos realizados pelo árbitro, no futebol robótico, de modo a reconhecê-los e enviar a instrução para os robôs futebolistas. Tem também uma componente que reconhece os gestos para declarar as vogais em Língua Gestual Portuguesa.

3.3 Dispositivos para detetar as mãos

Este subcapítulo apresenta vários dispositivos, de forma a escolher o que melhor se adequa para a satisfazer os requisitos para a elaboração do sistema. Assim, foram analisados os sensores *Microsoft Kinect*, o *Leap Motion* e a *Intel RealSense 3D Camera*, pois estes dispositivos apresentam a possibilidade de deteção de pontos relevantes da mão, sendo este um requisito importante para o desenvolvimento deste sistema.

O *Leap Motion*, Figura 3, é um dispositivo que deteta a realização de gestos e que permite a interação do utilizador com vários dispositivos com o movimento das mãos. A deteção do posicionamento das mãos dá-se a um nível de precisão milimétrico, (Weichert, Bachmann, Rudak, & Fisseler, 2013). Existem já algumas as aplicações desenvolvidas com o *Leap Motion*: atividades essas desenvolvidas para o reforço das capacidades motoras de crianças com autismo (Zhu, Cai, Ma, & Liu, 2015), uma aplicação para a aprendizagem interativa da Língua Gestual Portuguesa, (Torres, Carvalho, & Soares, 2016), e também uma atividade desenvolvida para a fisioterapia de pessoas que sofrem da doença de Parkinson, (Colgan, 2015), entre outras.



Figura 3 - Leap Motion, reproduzido por (“Leap Motion,” n.d.)

Outro dos dispositivos estudados foi o *Intel RealSense Camera F200*, Figura 4. Este dispositivo conta já com módulos desenvolvidos para o reconhecimento das mãos e de alguns gestos desenvolvidos pela Intel, (IntelRealSense, 2014), e como acréscimo a Intel desenvolveu um programa que permite a utilização destes módulos em várias plataformas de desenvolvimento de jogos incluindo

o *Unity*. Existem algumas aplicações desenvolvidas utilizando as câmaras da Intel, como por exemplo, em aplicações para reconhecer as emoções (V. Silva, Soares, & Carvalho, 2016), e também para a reabilitação, com jogos de defesa de penaltis ou jogos de bateria, (Han, Wang, Xu, & Wang, 2015).



Figura 4 - Intel RealSense Camera F200, reproduzido por (Nichols, 2015).

Por fim, a *Microsoft Kinect*, Figura 5, lançada em 2009 para a Xbox 360 e posteriormente lançada para o computador através da biblioteca *OpenNI* foi também um dos dispositivos estudados para usar neste projeto com o objetivo de recolher dados sobre a posição e movimentos das mãos.

Esta câmara conta também com diversas aplicações desenvolvidas, entre elas o reconhecimento de linguagem gestual (Sotelo, 2014) ou aplicações para a reabilitação de membros superiores (Calin et al., 2011) e (T. Martins, Carvalho, & Soares, 2016), ou para o reconhecimento de exercícios de fisioterapia para o corpo em geral (Campos, 2013).



Figura 5 - Kinect, reproduzido por ("Kinect Image," n.d.)

Existem mais dispositivos capazes de detetar as mãos e os seus gestos, no entanto, não foram levados em consideração para virem a ser utilizados neste projeto. Entre eles o dispositivo *iMotion*, que é um dispositivo de realidade virtual que cria a interação entre as mãos do utilizador e um ecrã virtual. E o *Ultrahaptics*, que consiste numa placa que emite sons ultrassónicos e assim consegue adquirir a textura da mão ou de algum objeto que se encontre no seu campo de perceção (Oscillada, 2015).

4. METODOLOGIA

Este capítulo aborda quais os exercícios de alongamento e de aquecimento mais indicados para a prevenção das lesões anteriormente referidas. Depois, são apresentados os requisitos do sistema mais indicados para obter a melhor detecção dos *tracking points* da mão do jogador. De seguida, explica os procedimentos para a detecção dos gestos, isto é, o procedimento para a detecção dos exercícios de aquecimento e alongamento. Por fim, apresenta os questionários desenvolvidos para a validação do sistema.

4.1 Exercícios de prevenção para as mãos

Neste subcapítulo são apresentados os vários exercícios de aquecimento e alongamento para a mão. A execução destes exercícios é importante para o bem-estar pessoal, uma vez que, a razão principal para a existência de lesões por esforços repetitivos é que determinada parte do corpo não foi suficientemente exercitada para a realização de certas tarefas (Aparício & Silva, 2014; Moreira, 2015).

Assim, para prevenir as lesões previamente referidas, que afetam principalmente os pulsos e os dedos da mão, existem dois conjuntos de exercícios que podem ser executados, sendo eles exercícios de alongamento e de aquecimento. Estes exercícios podem ser realizados no local de trabalho em sessões que duram aproximadamente os 10 minutos, e têm como objetivo a prevenção de lesões por esforço repetitivo, a prevenção de fadiga e diminuição do *stress* muscular (C. de O. Martins & Michels, 2001).

Os exercícios de prevenção presentes neste subcapítulo foram definidos com o auxílio de uma fisioterapeuta.

4.1.1 Alongamento

A realização de exercícios de alongamento deve ser realizada pelo menos duas vezes por dia, uma no início e outra no final das tarefas diárias (Moreira, 2015; A. R. de S. V. de Oliveira, 2007). Cada um dos exercícios de alongamento deve ser executado entre 10 a 15 segundos. Para alongar corretamente a mão que está livre deve auxiliar a mão que vai realizar o alongamento (Healthline Editorial Team, 2011).

Uma vez que é pelo pulso por onde passam todos os nervos, tendões e vasos sanguíneos para a mão, é importante realizar diariamente um alongamento apropriado nesta parte do corpo (Freitas et al., 2017). A Figura 6 apresenta os exercícios de alongamento do pulso. Para realizar este exercício é necessário manter o braço estendido e com a ajuda da outra mão, dobrar o pulso para cima, como representa a Figura 6.a. A Figura 6.b representa o mesmo exercício, mas neste caso o pulso é dobrado para baixo e com a mão livre, suavemente, pressionar os dedos de modo a puxá-los para trás, em direção ao corpo (Healthline Editorial Team, 2011).

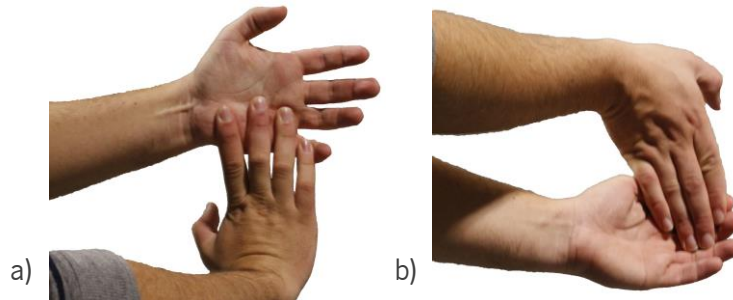


Figura 6 - Exercício de alongamento do pulso. a) Pulso dobrado para cima. b) Pulso dobrado para baixo.

Os dedos, diariamente, mais utilizados são o dedo indicador, o dedo médio e o polegar, sendo então importante realizar também um alongamento apropriadamente dos mesmos. Estes dedos são abrangidos pelo nervo mediano e, como tal, a falta de um alongamento apropriado pode levar ao surgimento da síndrome do túnel cárpico, lesão abordada no subcapítulo 1.2.1. Os exercícios de alongamento do polegar e do dedo indicador e do dedo do meio estão ilustrados na Figura 7.a e Figura 7.b, respetivamente. Para a ajudar na realização destes exercícios devem ser utilizadas as duas mãos, onde uma das mãos ajuda a outra a realizar no alongamento apropriado dos dedos da outra.

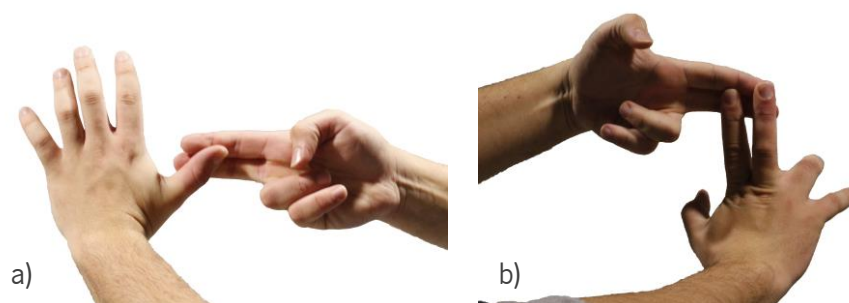


Figura 7 - Exercício de alongamento dos dedos. a) Alongamento do polegar. b) Alongamento do dedo médio e do indicador.

O alongamento é recomendado para prevenir ou aliviar pequenas dores. Com a realização diária de exercícios alongamento aumenta a flexibilidade, pode promover a prevenção de lesões e

melhorar a capacidade de recuperação caso o trabalhador eventualmente sofra de qualquer outro tipo de lesão nas zonas exercitadas (Fragelli & Günther, 2012). No entanto, no caso de inflamação ou lesões graves, a realização destes exercícios pode prejudicar o estado da mão ou pulso.

4.1.2 Aquecimento

No seguimento deste subcapítulo os exercícios abordados ajudam a realizar um aquecimento apropriado dos músculos e articulações das mãos das pessoas. Tal como é importante realizar um aquecimento apropriado do pulso antes de iniciar alguma tarefa que exija um esforço por parte das mãos do indivíduo, é também importante realizar um aquecimento apropriado dos dedos. Assim, a Figura 8, Figura 9 e Figura 10 apresentaram três exercícios referentes a exercícios de aquecimento do pulso e a Figura 11, Figura 12 e Figura 13 apresentam exercícios de aquecimento dos dedos.

A Figura 8 apresenta um dos exercícios de aquecimento para o pulso. Para executar este exercício primeiro é importante manter o braço esticado e, lentamente, rodar a mão em forma de círculo, de forma a passar por todos os estados representados na Figura 8. Este movimento de rotação deve ser executado pelas duas mãos e repetido várias vezes.



Figura 8 - Exercício de aquecimento do pulso, movimento de rotação.

A Figura 9 apresenta as duas posições opostas de mais um exercício de aquecimento para o pulso. Para realizar este exercício o braço deve estar imóvel e esticado, onde só a mão executa movimentos horizontais. Assim, para realizar este exercício é necessário mover a mão entre os dois

extremos do movimento e uma posição, entre eles, onde a mão possa relaxar. Assim, através de um movimento horizontal da mão, esta deverá ir desde a posição de relaxamento até ao extremo de uma das posições da Figura 9. Este movimento deve ser repetido várias vezes para cada um dos lados.



Figura 9 - Exercício de aquecimento do pulso, com movimentos horizontais.

A Figura 10 mostra um exercício semelhante ao exercício da figura anterior, mas desta vez o movimento executado pela mão deve ser o movimento vertical. Então, para realizar este exercício, a pessoa deve mover a mão da primeira posição para a segunda posição, e vice-versa, da Figura 10. Estes movimentos devem ser repetidos algumas vezes para aquecer devidamente o pulso.

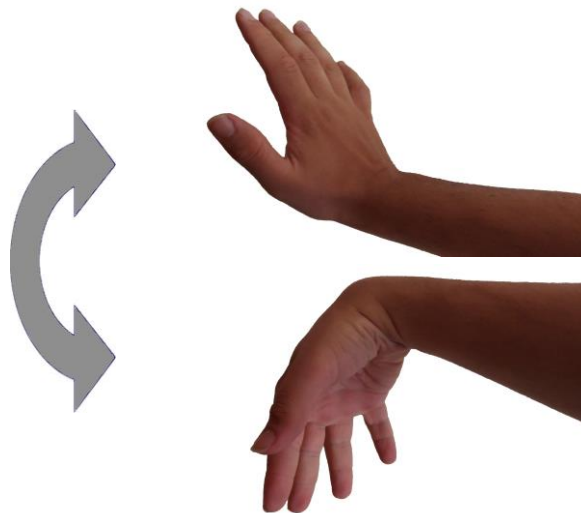


Figura 10 - Exercício de aquecimento do pulso, com movimentos verticais.

Os exercícios até agora apresentados, neste subcapítulo foram somente exercícios de aquecimento do pulso, por outro lado, os próximos exercícios abordados são para realizar o aquecimento dos dedos. Assim, a Figura 11 apresenta um exercício que envolve o esticar, Figura 11.a e Figura 11.b, e o fletir, Figura 11.c e Figura 11.d, de todos os dedos da mão ao mesmo tempo. Este movimento deve ser realizado várias vezes para realizar o exercício de aquecimento.

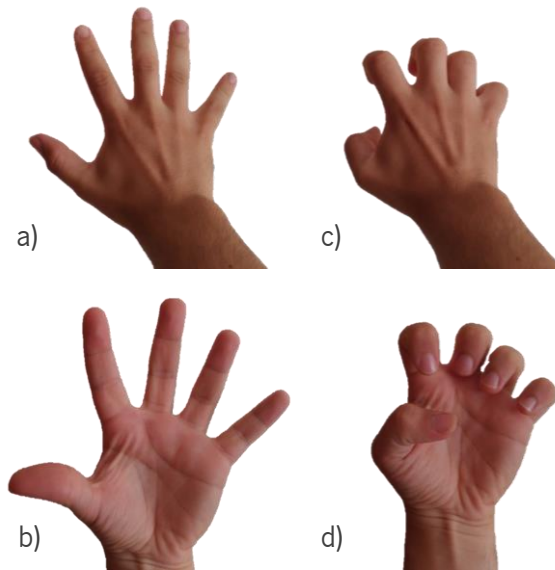


Figura 11 - Exercício de aquecimento, esticar e fletir os dedos.

A Figura 12 apresenta um exercício que consiste em unir o dedo polegar com cada um dos restantes dedos da mão, um dedo de cada vez. Assim, o polegar está unido ao dedo indicador na Figura 12.a, na Figura 12.b está unido ao dedo médio, na Figura 12.c está unido ao dedo anelar e na Figura 12.d está unido ao dedo mindinho.

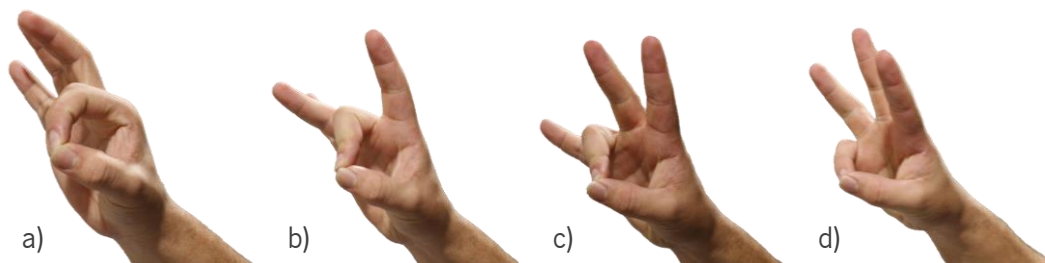


Figura 12 - Exercício de aquecimento dos dedos, unir o polegar a cada um dos restantes dedos.

Por fim, o exercício de aquecimento presente na Figura 13 consiste em mover aleatoriamente os dedos das mãos, como tal, na Figura 13 estão representadas algumas das várias posições aleatórias dos dedos durante a execução deste exercício.



Figura 13 - Exercício de aquecimento, movimento aleatório dos dedos.

O aquecimento dos músculos e articulações, ativa a circulação do sangue e vai preparar a pessoa para tarefas que exijam intensa atividade muscular (Moreira, 2015), como por exemplo, para o dia-a-dia de trabalho.

4.2 Requisitos do sistema

Este subcapítulo aborda os requisitos que o sistema apresenta para que o jogador consiga executar todos os exercícios abordados no subcapítulo 3.1 e assim seja capaz de os identificar. Para tal é necessário escolher o dispositivo que melhor se adequa para a captura da informação das mãos.

Estudaram-se os dispositivos sensor *Microsoft Kinect*, o *Leap Motion*, e a *Camera RealSense F200* e realizaram-se alguns testes experimentais para deteção de movimentos das mãos.

Como resultado deste estudo foi escolhida para integrar no sistema a *Camera RealSense F200* da *Intel*. Esta câmara tem um alcance adequado à configuração do sistema, permite a deteção correta dos movimentos, é mais imune a condições de luz, o posicionamento da câmara no sistema é bom para detetar as mãos e já tem implementados módulos para o reconhecimento e rastreamento de vários pontos da mão úteis para o reconhecimento dos exercícios de aquecimento e alongamento além de conter também *software* de apoio para integrar a câmara no *Unity*.

O jogador deve realizar os exercícios de forma lenta, pois movimentos repentinos podem não ser capturados. Estes movimentos devem ser realizados entre 20 a 60 centímetros de distância, pois este, é o alcance da câmara para o reconhecimento dos gestos das mãos. A câmara conta com uma ligação USB 3.0 com o computador, além disto, este deve ter um sistema operativo igual ou superior ao Windows 8.1 e um processador igual ou superior ao *Intel Core* de quarta geração.

Para a câmara realizar o melhor reconhecimento possível de todos os *tracking points* devem ser levadas em conta algumas considerações. Quando só se apresenta uma mão, esta deve estar virada para a câmara com os dedos esticados ou dobrados pode estar virada com a parte de trás, mas deve estar direcionada para a câmara. Os dedos podem tocar entre si desde que não provoquem auto oclusão. No entanto, se a mão estiver a segurar objetos, a tocar noutras partes do corpo ou a auto ocultar-se a câmara pode não ser capaz de reconhecer devidamente o estado da mão.

No caso de serem apresentadas as duas mãos ao mesmo tempo, além das considerações anteriores, também deve ser levado em conta que as mãos podem aproximar-se e tocar-se desde que não se estejam a ocultar uma à outra. Caso as mãos se sobreponham, a câmara é capaz de conseguir detetar as mãos, desde que as mãos não se estejam a tocar e a sobreposição seja inferior a 50%. Caso

a sobreposição seja superior aos 50% dá-se um rastreamento das mãos não completo ou é considerada a última posição da mão rastreada com sucesso.

4.3 Questionários de usabilidade e aceitação dos jogos

Existem várias teorias sobre prever o comportamento humano no impacto de uma nova tecnologia. Neste subcapítulo vão ser abordados dois métodos de avaliação utilizados para validar a usabilidade e aceitação do sistema. Assim, são abordados o Modelo de Aceitação da Tecnologia, ou TAM do inglês *Technology Acceptance Model*, e a Escala de Usabilidade do Sistema, ou SUS do inglês *System Usability Scale* (Santoso, Nurrohmah, Fadhilah, & Goodridge, 2017).

Segundo os criadores do Modelo de Aceitação da Tecnologia, TAM, as pessoas tendem a utilizar novas tecnologias se elas acreditarem que a tecnologia melhora o seu desempenho. A esta variável os criadores do TAM chamam de utilidade percebida. No entanto, a utilização da tecnologia pode ser prejudicada se for complicada de utilizar, e a esta variável os criadores do TAM chamam de facilidade de uso percebida, (P. Silva, Pimentel, & Soares, 2012). A Figura 14 apresenta o modelo de aceitação de tecnologia, desenvolvido por (Davis, Bagozzi, & Warshaw, 1989), onde as variáveis externas representam as características do sistema e em conjunto com as variáveis: utilidade percebida e facilidade de uso percebida, calculam a uso real do sistema. Pois, segundo este modelo, a intenção para um indivíduo utilizar um sistema é dado segundo estas mesmas duas convicções (Vianna, 2004).

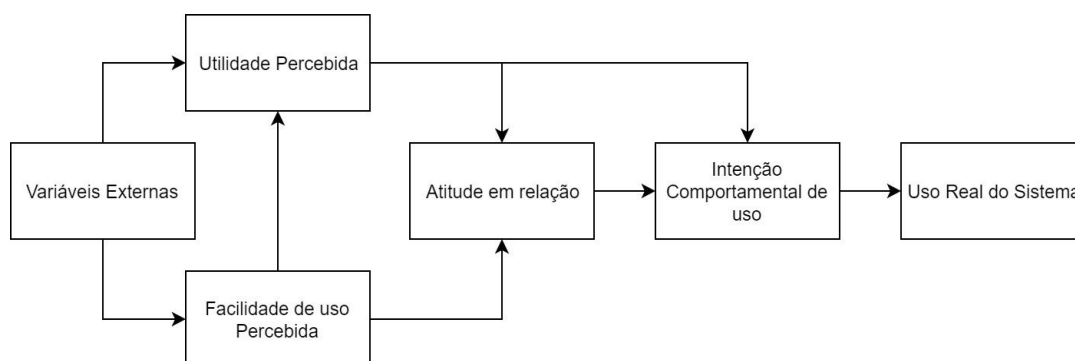


Figura 14 - Modelo de Aceitação de Tecnologia, adaptado de (Davis et al., 1989).

O questionário está dividido em três partes, onde a primeira avalia cada jogo, a segunda parte avalia o sistema em geral e a terceira parte do questionário pede ao utilizador para fazer alguma sugestão ou observação do sistema para assim serem feitas alterações ou melhorias nos jogos em particular ou no sistema em geral.

A primeira parte do questionário, que consiste em avaliar cada jogo individualmente foram formuladas três questões. Sendo elas:

1. Como classifica o jogo em geral?
2. Como classifica a resposta do sistema aos exercícios efetuados?
3. Como classifica a qualidade de detecção dos exercícios?

Onde a primeira questão pede ao questionado para avaliar o jogo, de forma geral. A segunda pergunta pretende saber qual a opinião do utilizador em relação ao quão bem o jogo reage quando os comandos, exercícios de aquecimento e alongamento, são executados. Por fim, a terceira questão pretende obter a opinião do utilizador quanto à detecção dos movimentos das mãos, exercícios de aquecimento e alongamento, por parte do sistema.

Para realizar a avaliação dos jogos foram definidas as seguintes opções de avaliação: 1. Muito mau, 2. Mau, 3. Satisfatório, 4. Bom e 5. Muito Bom. Assim, o utilizador atribui uma avaliação de 1 a 5 a cada uma das três questões referentes a cada jogo. Após a avaliação individual de cada jogo, o utilizador vai responder à segunda parte do questionário, onde é utilizado o questionário SUS como forma de avaliação.

A Escala de Usabilidade do Sistema, SUS, foi criada em 1986 pelo *John Brooke* e tem mostrado ser uma forma de abordagem confiável para medir a usabilidade de sistemas. O objetivo deste questionário é ser uma ferramenta independente para a avaliação de *hardware*, *software*, *sites*, entre outros, (Santoso et al., 2017), e deve ser respondido logo após a utilização do sistema.

O questionário SUS é constituído por 10 afirmações, Tabela 1, onde o utilizador tem de indicar o seu grau de identidade com cada afirmação. Para avaliar o grau de conformidade em cada afirmação foi utilizada a escala de *Likert*, que é uma escala geralmente usada em questionários onde, geralmente, oferece 5 níveis de conformidade. Sendo elas: 1. Discordo totalmente, 2. Discordo, 3. Não concordo nem discordo, 4. Concordo e 5. Totalmente de acordo, (Llauradó, 2015).

Tabela 1 - Questionário da Escala de Usabilidade do Sistema

Número	Afirmção
1.	Usaria este sistema com frequência.
2.	Achei o sistema desnecessariamente complexo.
3.	Acho que o sistema foi fácil de utilizar.
4.	Acho que precisaria de apoio técnico para utilizar o sistema.
5.	Acho que as funções neste sistema foram bem integradas.
6.	Acho que existe inconsistência neste sistema.
7.	Penso que a maioria das pessoas aprenderia a usar este sistema rapidamente.
8.	Acho que foi complicado usar este sistema.
9.	Usei o sistema com confiança.
10.	Precisava de aprender muita coisa antes de poder usar este sistema.

Visto que as afirmações são avaliadas entre 1 e 5, a avaliação deste questionário é realizada através de um cálculo onde as respostas às afirmações valem entre zero e quatro valores. Para retirar esse valor em cada afirmação é necessário subtrair à avaliação do usuário um valor para fazer o cálculo nas afirmações de número ímpar. Nas afirmações de número par é subtraído a 5 valores o valor da resposta da resposta do usuário. Depois de realizar estes cálculos são somados todos os valores e, por fim, multiplicados por 2.5. O que faz com que o resultado final varie entre 0 e 100 pontos, (Brooke, 1986).

No entanto, para direcionar o questionário para o sistema foram alteradas 3 das afirmações do questionário, sendo elas as afirmações 2, 5 e 9, que foram alteradas pelas seguintes afirmações:

2. Acho que os comandos de jogo são difíceis de executar.
5. Consegui aplicar os comandos da forma que queria.
9. Foi fácil ganhar habilidade na execução dos movimentos (comandos de jogo).

Assim, a Tabela 2 apresenta a tabela final, usada para a avaliação do sistema quanto à sua usabilidade, com as referidas questões já alteradas.

Tabela 2 - Questionário da Escala de Usabilidade do Sistema utilizado.

Número	Afirmação
1.	Usaria este sistema com frequência.
2.	Acho que os comandos de jogo são difíceis de executar.
3.	Acho que o sistema foi fácil de utilizar.
4.	Acho que precisaria de apoio técnico para utilizar o sistema.
5.	Consegui aplicar os comandos da forma que queria.
6.	Acho que existe inconsistência neste sistema.
7.	Penso que a maioria das pessoas aprenderia a usar este sistema rapidamente.
8.	Acho que foi complicado usar este sistema.
9.	Foi fácil ganhar habilidade na execução dos movimentos (comandos de jogo).
10.	Precisava de aprender muita coisa antes de poder usar este sistema.

Estas três novas questões, tal como as três questões referentes à primeira parte do questionário foram criadas a partir da teoria do questionário TAM da parte correspondente à variável facilidade de uso percebida. No questionário desenvolvido para avaliar este sistema, presente no Anexo I – Questionário, não é avaliada a componente utilidade percebida do questionário TAM, pois os utilizadores que testaram o sistema, só utilizaram uma vez, e precisariam de utilizar o sistema durante algum tempo antes de poderem realmente notar diferenças ao nível físico, e assim, avaliar corretamente o sistema quanto à usabilidade percebida.

Por fim, a última parte do questionário apresenta uma pergunta de resposta aberta, onde os jogadores podem dar as suas sugestões/observações sobre o sistema, para assim ser possível melhorar o sistema tendo em conta as suas opiniões.

5. DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo são abordados o *hardware* e o *software* utilizados no desenvolvimento do trabalho da dissertação. É apresentado o sistema desenvolvido, o do modelo das mãos e explicados os módulos para o reconhecimento dos *tracking points* das mãos. Finalmente, é detalhado o desenvolvimento de cada jogo.

5.1 *Hardware e software* utilizados

Neste subcapítulo vão ser abordados o *software* e *hardware* que foram utilizados no desenvolvimento dos jogos. Assim, para o desenvolvimento dos jogos e implementação do sistema foram utilizados:

- *software Unity*, Figura 15.a, como o principal programa utilizado para o desenvolvimento dos jogos,
- módulos da *Intel*, para a detecção dos vários *tracking points* das mãos,
- *Visual Studio*, Figura 15.b, com a programação na linguagem *c#* para a programação dos *scripts* que controlam os vários objetos de jogo,
- *Photoshop*, Figura 15.c, para a criação dos objetos de jogo
- *Audacity*, Figura 15.d, para a modelação dos vários sons dos jogos.

A execução dos jogos dá-se no computador e a detecção das mãos é realizada através do *hardware Intel RealSense 3D Camera F200*.



Figura 15 - Logotipos do software utilizado. a) *Unity*, reproduzido de ("Unity - Brand," n.d.). b) *Visual Studio*, reproduzido de ("Visual Studio Enterprise," n.d.). c) *Photoshop*, reproduzido de ("Adobe Photoshop CS6," n.d.). d) *Audacity*, reproduzido de ("Audacity Development Manual," 2017).

5.1.1 Unity, Visual Studio (C#), Photoshop e Audacity

O *Unity*, é, nesta dissertação, o principal *software* utilizado, pois é onde os jogos foram desenvolvidos, e também, onde o código desenvolvido nos restantes *softwares* foi utilizado. O *Unity* é um ambiente de desenvolvimento integrado, ou IDE do inglês *Integrated Development Environment*. Como tal, é utilizado principalmente para a criação de jogos e também para a criação de ambientes interativos. Segundo (Haas & Moriarty, n.d.) o diretor executivo David Helgason diz que o *Unity* é uma ferramenta utilizada para a criação de jogos, é uma tecnologia que implementa gráficos, áudio, física, interações e ligações de rede.

O *Unity* foi lançado 6 de junho de 2005, e foi criado na Dinamarca por David Helgason, Joachim Ante e Nicholas Francis. Este programa ficou famoso devido à prototipagem rápida e ao grande número de trabalhos desenvolvidos e publicados (Haas & Moriarty, n.d.). Entre os jogos mais famosos desenvolvidos a partir deste programa estão: o *Kerbal Space Program*, *Hearthstone: Heroes of Warcraft*, *Battlestar Galactica Online* com mais de 250 milhões de utilizadores registados, *Assassin's Creed: Identity* e *Rust* com análises críticas bastante positivas e com uma cotação de 9 em 10 na *Steam*, entre muitos outros (Dotan, 2015). A Figura 16 apresenta a capa de cada um destes jogos respetivamente.

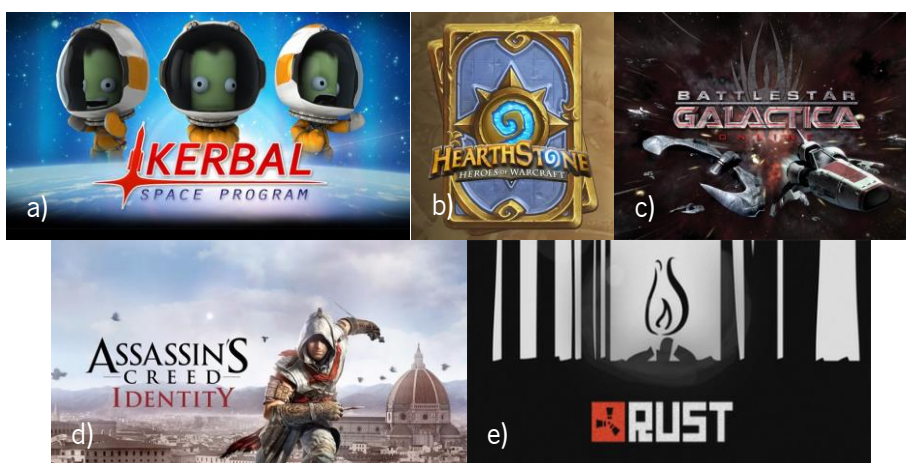


Figura 16 - Capa de alguns jogos desenvolvidos em Unity, reproduzido de ("kerbal," n.d.), ("Hearthstone," n.d.), ("Battlestar Galactica," n.d.), ("Assassins-Creed," n.d.) e ("Rust," n.d.)

Para desenvolver jogos é necessária a criação de vários *assets*, como por exemplo, os objetos de jogo, sons e efeitos. Como tal, é necessário obtê-los ou cria-los. Para os criar foram utilizados os programas *Photoshop* e *Audacity*.

Assim, para a criação de objetos de jogo foi utilizado o *Photoshop*. Lançado em 1988 pelos irmãos *Thomas* e *Jonh Knoll*, mais tarde vendida à *Adobe Systems* (Mahesh, 2011), é uma ferramenta

de edição de gráficos bastante popular, capaz de fazer qualquer tipo de *design*, gráficos e criação ou manipulação de imagens (Hohweier, 2016).

Como os jogos desenvolvidos são todos em 2D, todos os objetos de jogo criados, no *Photoshop*, foram também criados em 2D. Assim, foram criados os diversos objetos de jogo que o jogador controla, os inimigos, os alvos, os obstáculos e o ambiente envolvente, como o plano de fundo e o chão.

Foi criada, no *Photoshop*, uma capa para este conjunto de jogos, Figura 17, que contém vários dos objetos de jogo de todos os jogos.



Figura 17 - Capa de Jogo.

A *Unity Technologies* lançou em 2010 uma nova unidade chamada de *Unity Asset Store* para facilitar a procura, compra ou publicação de *assets* para as aplicações dos seus utilizadores (Haas & Moriarty, n.d.). Esta unidade do *Unity* foi utilizada para a procura e aquisição de *assets* de som para que fossem utilizados na interação entre os objetos de jogo. No entanto, foi necessário modelar alguns destes sons e para isso foi utilizado o *software Audacity*.

Os sons têm principal utilização quando se dão colisões entre os objetos de jogo, tendo para isso sido utilizados efeitos de som de explosões e de colisões. Foram também utilizados efeitos de som de disparo e de bônus. Os sons de bônus são ativos sempre que é atingido algum objetivo ou quando se passa de nível.

Para que os objetos de jogo e restantes *assets* possam interagir entre si é necessário desenvolver alguns *scripts*. Estes *scripts* contêm a programação que faz com que o jogo corra conforme o esperado. É através destes *scripts* que é possível distinguir os exercícios de aquecimento e alongamento, descritos anteriormente, executados pelo jogador, reconhecê-los e enviá-los como comandos para o jogo que está a ser jogado, e assim, fazer os objetos de jogo interagirem entre si, movimentando-os, criando e destruindo objetos de jogo, ativar efeitos especiais e efeitos de som.

Para o desenvolvimento de *scripts* o *Unity* dispõe de duas linguagens de programação, sendo elas o *JavaScript* e o *C#*. A linguagem de programação escolhida para programar nesta aplicação foi o *C#*. Para o desenvolvimento de *scripts* o *Unity* oferece um programa chamado de *MonoDevelop*, no entanto, deixa escolher outro programa. Assim o programa escolhido para proceder ao desenvolvimento de *scripts* foi o *Visual Studio 2015*.

5.1.2 Camera RealSense F200 Intel

Após o estudo e análise de vários equipamentos, a camera *RealSense F200*, Figura 18, da Intel que se mostrou ser a escolha mais indicada para a este sistema. Assim, este foi o *hardware* escolhido para realizar a deteção das mãos e seus movimentos. Esta câmara conta com módulos de reconhecimento e rastreamento da face, rastreamento das mãos, e também reconhece já alguns gestos como o “*Tap*”, o “*Wave*” e o “*Swipe*”, e reconhece também várias poses entre elas o “*V-Sign*”, o “*Fist*”, e o “*Thumds Up*” e “*Thumds Down*”, entre outros (*Hand Tracking Tutorial Intel @ RealSense™ SDK Intel@ RealSense™ SDK Hand Tracking Tutorial*, n.d.).



Figura 18 - Intel Camera RealSense F200, reproduzido de (“f200_camera,” n.d.)

Para utilizar este *hardware* é necessário cumprir vários requisitos e utilizar algumas ferramentas de suporte. Começando pelo computador, este deve ter como requisitos mínimos um processador de quarta geração *Intel Core*, e também um sistema operativo igual ou superior ao *Windows 8.1*, com uma entrada USB 3.0. Tem como IDE de suporte, ou seja, ambiente de desenvolvimento integrado ou do inglês *Integrated Development Environment*, o programa *Microsoft Visual Studio*, e pode ser programada com a linguagem de programação *C++*, *C#*, *Java* ou *JavaScript*.

Por fim, os programas que têm suporte para a utilização desta câmara são o *Microsoft.NET*, *Unity*, *Processing* e *Java JDK*, (IntelRealSense, 2014).

Esta câmara tem um alcance total efetivo entre 20 e 120 centímetros, no entanto para o reconhecimento dos gestos das mãos o alcance está entre os 20 e os 60 centímetros, e pode ser utilizada tanto em espaços interiores como exteriores, dependendo da condição ambiente. A Tabela 3 apresenta as principais especificações da câmara.

Tabela 3 - Especificações da Camera RealSense F200 Intel, reproduzido de (IntelRealSense, 2014).

Câmara de Cor	Câmara de Profundidade (Infravermelho(IV))
Resolução	
Até 1080p@30FPS	Até 640x480@ 60FPS (VGA) Ou 120FPS (IV). HVGA@120FPS.
Pixels Ativos	
1920x1080 (2M)	640 x 480 (VGA)
Proporção da Tela	
16:9	4:3
Taxa de Frames	
30/60/120 FPS	30/60/120 FPS (Profundidade), 120FPS (IV)
Campo de Visão (DxVxH)	
77° x 43° x 70° (Cone)	90° x 59° x 73° (Cone) Projektor IV FOV- N/A x 56° x 72° (Pirâmide)

As restrições de volume devem ser levadas em consideração pois limitam espaço e a extensão dos movimentos que os jogadores usam para interagir com os jogos. A câmara de profundidade tem duas gamas de alcances para detetar o esqueleto da mão. A gama de curto alcance que trabalha entre os 20 e 55 centímetros a 120 *frames* por segundo, consegue detetar movimentos rápidos da mão até uma velocidade de 2 metros por segundo e é utilizada para a deteção de uma mão de cada vez. A

gama de longo alcance funciona entre 20 e os 60 centímetros a 60 *frames* por segundo. Esta gama é mais indicada para a deteção das duas mãos ao mesmo tempo, no entanto o movimento das mãos deve ser mais lento, com uma velocidade máxima de 0.75 metros por segundo (IntelRealSense, 2014).

5.2 Sistema

O sistema implementado, representado na Figura 19, é constituído por um computador e pela *Intel RealSense 3D Camera F200* e na sua frente estará posicionado o jogador. Para progredir ao longo dos vários jogos, o jogador vai executar os vários exercícios de prevenção, pois são usados como comandos para controlar os *game objects* dos jogos, e assim tentar obter a melhor pontuação possível ou desbloquear diferentes conteúdos. A *Intel RealSense 3D Camera F200* é responsável pela captura de *frames*, de onde serão detetados os vários *tracking points* das mãos através dos módulos da Intel. A câmara é ligada ao computador para processar os *frames* capturados e assim reconhecer os vários movimentos da mão. O ambiente de jogo é executado no computador, onde com o reconhecimento destes movimentos é possível jogar os vários jogos que assim, através de uma atividade lúdica, pode ajudar a prevenir o surgimento de lesões por esforço repetitivo.

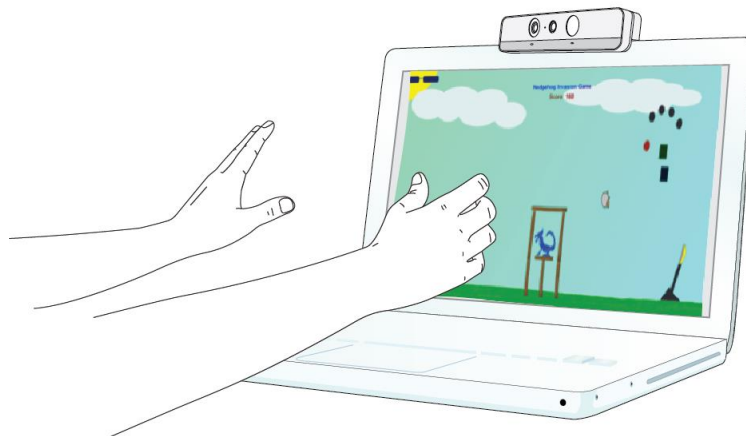


Figura 19 - Sistema implementado.

5.3 Modelos das mãos

Para que seja possível jogar os jogos, o jogador tem de realizar uma série de exercícios de alongamento e de aquecimento, abordados anteriormente. Como tal, a *Intel RealSense 3D Camera F200* tem um papel de bastante importância no sistema, pois é a responsável por filmar as mãos do

jogador, que permite, através os módulos da Intel, adquirir a posição e orientação de todos os *tracking points* da mão. *Tracking points* esses presentes na Figura 20.

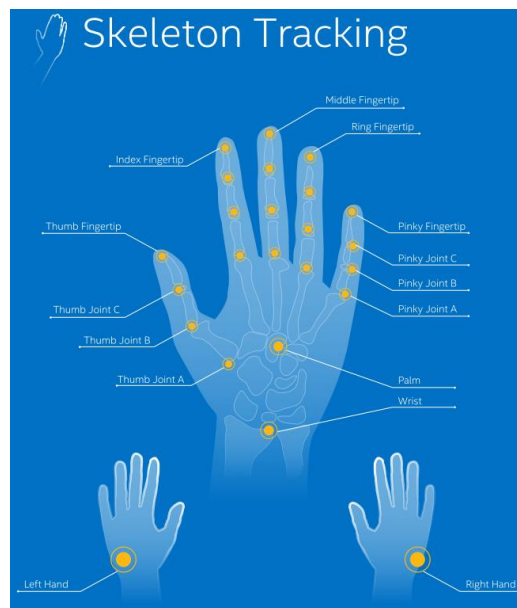


Figura 20 - Todos os *tracking points* capturados pela câmara, retirado de (IntelRealSense, 2014)

Com a câmara e através dos módulos da *Intel* é possível obter todos os *tracking points* da Figura 20, no entanto, no modelo das mãos desenvolvido para os jogos só serão utilizados os *tracking points* da Figura 21. A diminuição dos *tracking points* utilizados foi feita com o intuito de otimizar o sistema, e assim, desta forma, diminuir o número de tarefas por cada atualização de *frame* dos jogos. Tornando assim, o processamento dos frames de jogo mais rápido e computacionalmente mais leve.

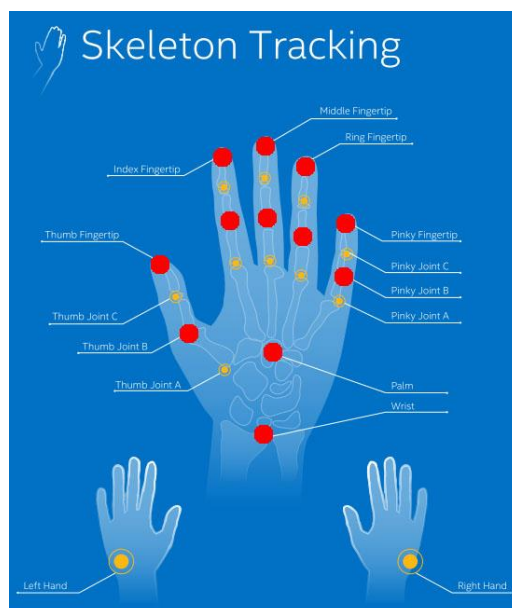


Figura 21 - *Tracking Points* utilizados no sistema, adaptado de (IntelRealSense, 2014).

Após definir quais os *tracking points* a utilizar, foi criado em *Unity* os objetos de jogo, em 3D, que representam cada um destes pontos. Assim, segundo os nomes na Figura 21 o paralelepípedo de cor azul, da Figura 22.a representa o *tracking point Wrist*, ou seja, o *tracking point* que representa o pulso. Por sua vez, o paralelepípedo de cor verde, da Figura 22.b representa o *tracking point Palm*, ou seja, é o *tracking point* que representa a palma da mão.

A representar o polegar, a Figura 22.c apresenta o objeto de jogo que representa a ponta deste mesmo dedo, ou seja, o *tracking point* do *Thumb Fingertip*. E o objeto de jogo que representa o *tracking point* do *Thumb Joint B* é o que está presente na Figura 22.d. Os restantes dedos da mão são representados pelo objeto de jogo da Figura 22.e e a Figura 22.f que representam respectivamente o *tracking point* do *Fingertip* e o *tracking point* do *Joint B*, de cada um dos dedos.

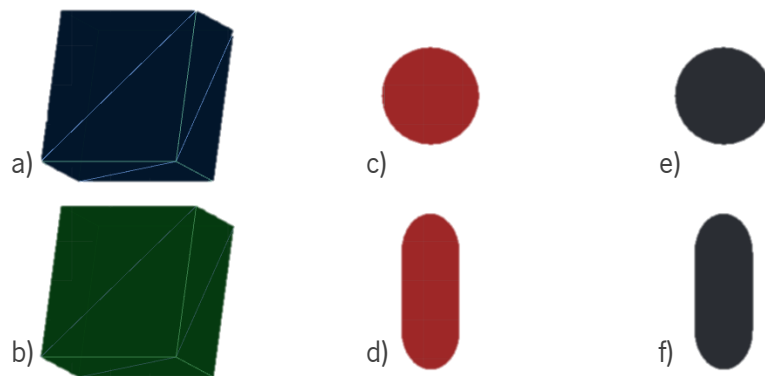


Figura 22 - Conjunto de assets que representam todos os *tracking points* das mãos.

Assim, através da escolha dos *tracking points*, da Figura 21 e dos *assets* da Figura 22 criados para representar os *tracking points* escolhidos, foram desenvolvidos os modelos das mãos no *Unity*. A Figura 23 apresenta esse mesmo modelo em utilização. Com este modelo torna-se possível capturar os exercícios realizados pelo jogador e assim, após o processamento, permitir que o jogador possa progredir nos jogos.

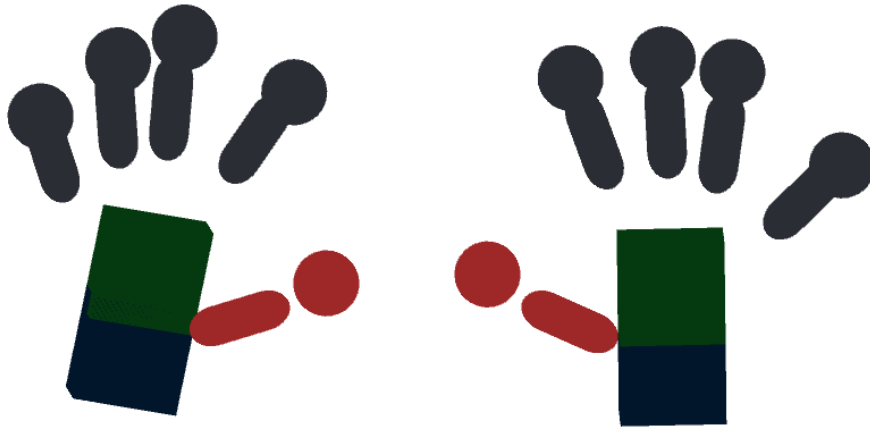


Figura 23 – Modelo das mãos utilizado no Unity.

5.4 Módulos de reconhecimento das mãos (*Camera RealSense F200 Intel*)

Este subcapítulo aborda os passos que se devem seguir para ativar os módulos de reconhecimento dos vários *tracking points* das mãos no *Unity*.

Para começar é necessário ligar a câmara ao computador através de uma porta USB 3.0, depois para poder utilizar a câmara e ter acesso aos seus módulos no *Unity* é necessário fazer o *download* do programa da Intel e instala-lo no computador, “intel_rs_dcm_f200_1.4.27.52404” disponível para *download* na pagina web:

<https://downloadcenter.intel.com/download/25044/Intel-RealSense-Depth-Camera-Manager?product=92255>.

Após o *download* e instalação deste programa no computador, é possível importar para o *Unity* o pacote com todos os módulos desenvolvidos pela Intel para a câmara *RealSense F200*. Para importar o pacote com os módulos para o *Unity*, clica-se no botão do lado direito do rato na zona dos *Assets*, e são escolhidas as opções da Figura 24.a. Isto abre um explorador de ficheiros, é então necessário navegar até a localização do ficheiro “*UnityToolkit.unitypackage*”, Figura 24.b, instalado através do programa “intel_rs_dcm_f200_1.4.27.52404”, e assim proceder à escolha e importação dos módulos necessários para o *tracking* das mãos, Figura 24.c.

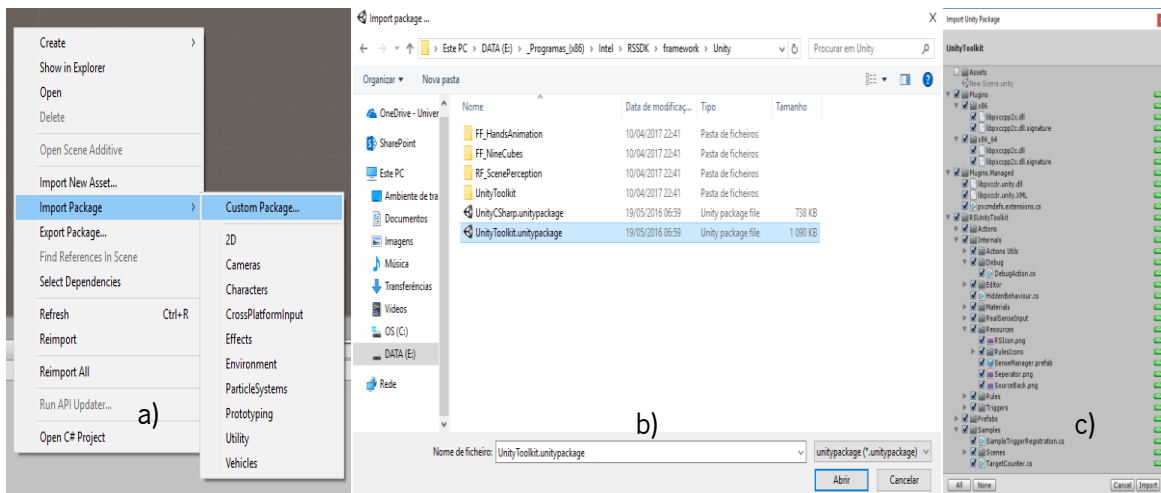


Figura 24 - Importar os Módulos da Câmara para o Unity.

Depois de importar os módulos é possível associa-los a objetos de jogo. Para associar um *tracking point* a um objeto de jogo é necessário adicionar o componente “*Tracking Action*” ao *Inspector* do objeto de jogo Figura 25. Todos os objetos de jogo que representam algum dos *tracking point* devem ter associado no seu *Inspector* o módulo *Tracking Action*. Após este passo é necessário configurar o módulo *Tracking Action* para proceder ao reconhecimento dos *tracking points* das mãos. Para isso, é possível escolher a que mão o objeto de jogo pertence e qual o *tracking point* que deve seguir.

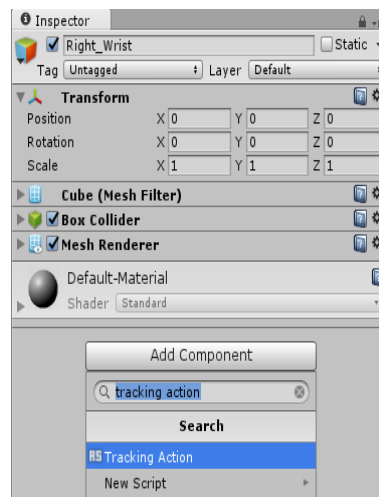


Figura 25 - Adicionar o componente o “*Tracking Action*” ao *Inspector* do objeto de jogo.

Existem três eventos que são necessários configurar, “*Start Event*”, “*Tracking Source*” e “*Stop Event*”, e a estes devem ser associados os eventos “*Hand Detected*”, “*Hand Tracking*” e “*Hand Lost*” respetivamente, para assim proceder ao *tracking* das mãos. Depois, em cada um destes três eventos é

necessário escolher na variável “Which Hand” qual a mão a que pertence o objeto de jogo. A Figura 26.a apresenta todas as escolhas possíveis, no entanto só foram usadas a opção “Access_Order_Right_Hands” nos objetos de jogo da mão direita e “Access_Order_Left_Hands”, nos objetos de jogo da mão esquerda. Na variável “Tracked Joint” do evento “Hand Tracking” é escolhido qual o *tracking point*, em específico que o objeto de jogo representa. A Figura 26.b apresenta todas as escolhas disponíveis, no entanto só foram utilizados os *tracking points* definidos anteriormente, presentes na Figura 21. A Figura 26 apresenta todas as opções escolhidas para configurar os objetos de jogo das duas mãos, onde cada objeto de jogo tem somente associada a si uma escolha da Figura 26.a e uma escolha da Figura 26.b.

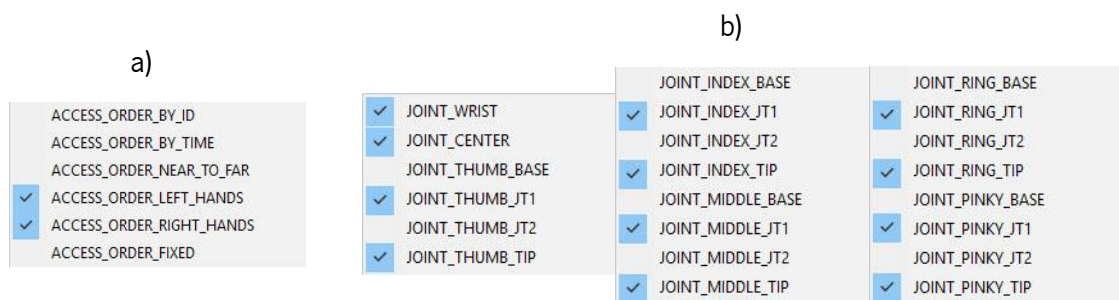


Figura 26 - Conjunto de opções escolhidas para configurar os tracking points. a) Lista de escolhas possíveis para a detecção das mãos. b) Lista de tracking points.

No caso, do objeto de jogo em questão ser referente ao *tracking point* do pulso da mão direita é necessário escolher a opção “Access_Order_Right_Hands” na variável “Which Hand” dos eventos “Hand Detected”, “Hand Tracking” e “Hand Lost”, assim este objeto de jogo é associado à mão direita. Depois, para escolher o *tracking point* que o objeto de jogo vai seguir é necessário alterar a variável “Tracked Joint” do evento “Hand Tracking” para o *tracking point* em questão, neste caso para o *tracking point* que representa o pulso, ou seja o “Joint_Wrist”. A Figura 27 representa a configuração final do módulo *Tracking Action* para o *tracking point* do pulso da mão direita.

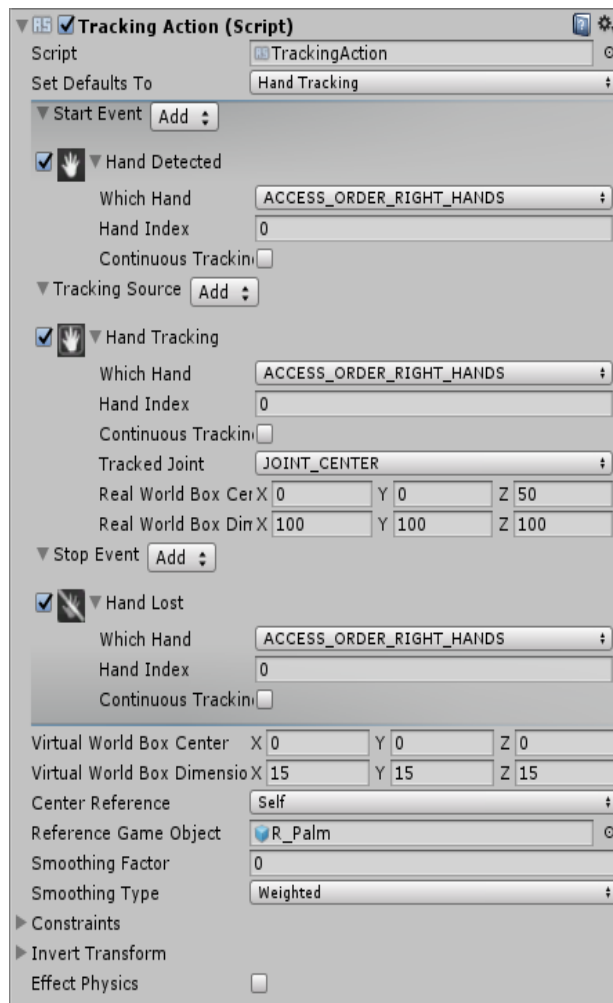


Figura 27 - Configuração do módulo Tracking Action para o tracking Point do pulso direito.

Assim, ao associar estes módulos aos objetos de jogo da Figura 22 e após a correta configuração de cada um deles é possível criar o modelo das mãos da Figura 23, fazendo com que os objetos de jogo consigam acompanhar o movimento das mãos.

5.5 Reconhecimento de gestos

Após a criação e configuração dos objetos de jogo pertencentes ao modelo das mãos é possível implementar, no sistema, o reconhecimento dos exercícios de aquecimento e alongamento. Este subcapítulo aborda o desenvolvimento relativo ao reconhecimento dos gestos, para que sejam utilizados como comandos nos jogos desenvolvidos.

Para começar foi criada uma nova *Scene* no *Unity*, chamanda de *Hands Scene*, Figura 28. Esta *Scene* contém o modelo das mãos e tem como objetivo obter os valores de referência do tamanho das

mãos dos jogadores, e assim, tornar o reconhecimento dos exercícios de aquecimento e de alongamento mais global, para os vários tamanhos de mãos. Para obter o tamanho das mãos, o jogador deve apresentar à câmara primeiro a mão direita, Figura 28.a, e depois a mão esquerda, Figura 28.b, ao clicar na tecla de espaço do computador inicia a captura do tamanho das mãos.

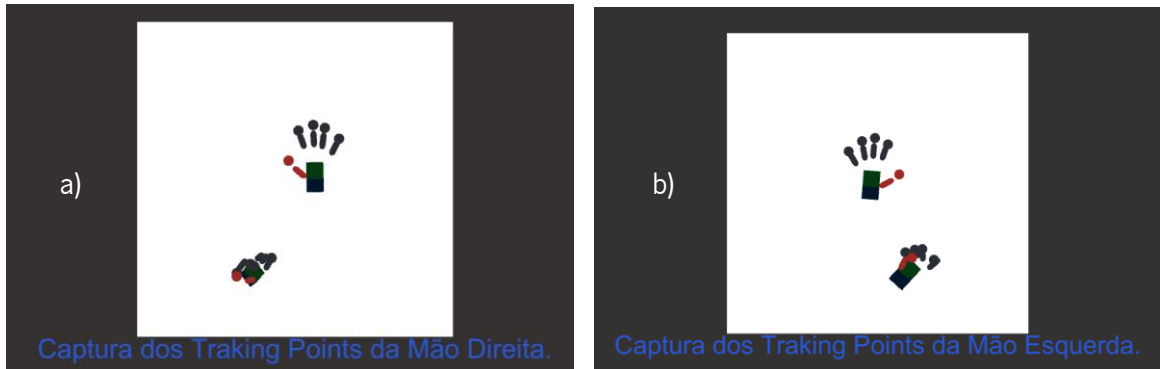


Figura 28 – Hands Scene. a) Captura da posição dos tracking points da mão direita. b) Captura da posição dos tracking points da mão esquerda.

A cada *frame*, durante 3 segundos, é obtida a posição em que os objetos de jogo referentes aos modelos das mãos se encontram e é calculada a distância média entre o objeto de jogo do pulso e o objeto de jogo da palma da mão e o objeto de jogo do pulso e cada um dos objetos de jogo que representa um *FingerTip* dos dedos. Estas distâncias são guardadas em variáveis do tipo *Vector3*, ou seja, guardam o valor da distância do eixo dos x, do eixo dos y e do eixo dos z. Todo o processo de calcular as distâncias e obter a posição dos *tracking points* das mãos é efetuada no *script* “*TrackingHandPoints*”. Este *script* guarda os valores da média das posições de todos os *tracking points* e da distância segundo o eixo dos x, y e z do objeto de jogo do pulso para os restantes objetos de jogo em variáveis públicas, isto é, os valores guardados nestas variáveis podem ser acedidos por outros *scripts*.

Neste *script* foi implementada uma função *Awake*, que impede que o objeto de jogo, ao qual, este *script* está associado seja destruído quando uma nova *Scene* é carregada. Isto permite que *script TrackingHandPoints* navegue através de todas as *Scenes* dos jogos, o que faz com que, em todos os jogos, o sistema tenha acesso aos valores de referência do tamanho das mãos, para assim, ao avaliar os movimentos do jogador, verificar se algum dos exercícios de aquecimento ou alongamento, do respetivo jogo, está a ser executado.

Depois foi criado o *script* chamado *TrackingHandsMovements* que recebe os valores de referência do tamanho das mãos guardados no *script TrackingHandPoints*. Existe uma cópia deste *script* em todos os jogos, pois este *script* é o responsável por verificar se qualquer um dos exercícios de aquecimento ou alongamento, referidos anteriormente, foi exercitado pelo jogador. Visto que os jogos

são controlados através dos exercícios de aquecimento e alongamento, é através deste *script* que são enviados os comandos para os jogos.

Para obter a posição atual dos *tracking points* das mãos, é associado, ao *script TrackingHandsMovements*, o modelo das mãos, Figura 23. Assim, a cada *frame*, através dos objetos de jogo que constituem este modelo, é possível atualizar o sistema com a nova posição das mãos. Tal como no *script TrackingHandPoints*, o *script TrackingHandsMovements* também calcula as distâncias do objeto de jogo do pulso para os restantes objetos de jogo que representam os restantes *tracking points* da mão.

Este *script* divide-se em mais duas partes, uma reconhece os exercícios que o jogador tem de executar, e a outra divide o reconhecimento destes exercícios por jogo, ou seja, existe uma função para cada jogo onde só são chamadas as funções referentes aos exercícios do respetivo jogo. Assim, quando um jogo está a ser executado chama-se a função deste *script* respetiva a si próprio, ou seja, o jogo 1 chama a função respetiva ao jogo 1, o jogo 2 chama a função respetiva ao jogo 2 e assim sucessivamente até ao jogo 7. Sempre que é detetada a execução de um exercício, ao respetivo jogo, a função retorna o valor referente desse exercício, enviando assim um comando para o jogo, este comando faz atuar os objetos de jogo dos jogos, seja para movimentá-los, ativá-los ou desativá-los.

Os exercícios executados pelo jogador estão divididos em duas partes, os exercícios de alongamento, onde são necessárias as duas mãos para realizar o exercício, e os exercícios de aquecimento, onde cada mão deve executar os exercícios separadamente. Como tal, para cada exercício de aquecimento é necessário criar duas funções, uma para a mão direita, onde são utilizados os objetos de jogo referentes à mão direita, e outra para a mão esquerda, onde são utilizados os objetos de jogo referentes à mão esquerda.

O exercício da Figura 10 do subcapítulo 3.1.2, que consiste em executar movimentos verticais com o pulso divide-se em quatro funções, duas para cada mão. Onde, uma das funções reconhece quando o pulso está dobrado para cima e a outra reconhece quando o pulso está dobrado para baixo. A Figura 29.a apresenta o processo realizado para verificar quando o pulso está dobrado para cima e através do processo da Figura 29.b é verificado se o pulso está dobrado para baixo.

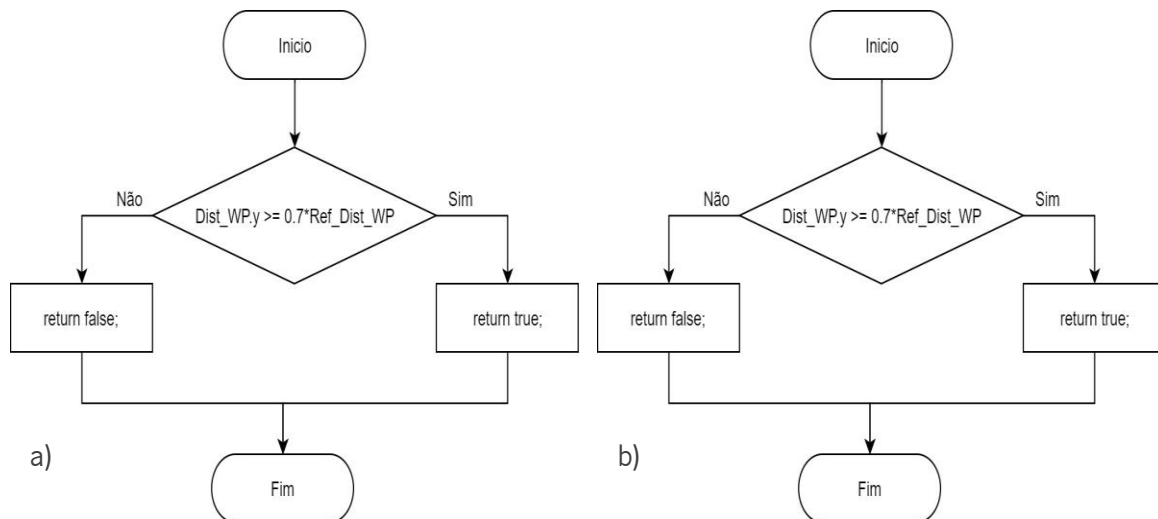


Figura 29 - Fluxograma dos processos de identificação de exercícios de aquecimento do pulso. a) Mover pulso para cima. b) Mover pulso para baixo.

A variável *Dist_WP.y* dá o valor no *frame* atual, no eixo dos *y* entre o pulso e a palma da mão e a variável *Ref_Dist_WP* é o valor calculado na *scene Hands Scene* pelo *script TrackingHandPoints*. Então, para o sistema considerar foi executado o exercício de mover o pulso para cima o valor da variável *Dist_WP.y* tem de ser superior a 70% do valor de *Ref_Dist_WP*. Para verificar se o pulso se encontra virado para baixo são comparadas as mesmas variáveis, no entanto o valor de *Dist_WP.y* tem de ser menor que 70% do valor negativo de *Ref_Dist_WP*.

Para a identificação do exercício da Figura 9 do subcapítulo 3.1.2, que consiste em executar movimento horizontais com o pulso, também existem quatro funções, duas para cada mão, onde uma função verifica se o pulso está dobrado para a direita e a outra se o pulso se encontra virado para a esquerda. O processo para verificar a ocorrência deste exercício, Figura 30, é bastante semelhante ao anterior. No entanto, o valor de *Ref_Dist_WP* é comparado com a variável *Dist_WtipM.x*, este valor é a distância, no *frame* atual, entre o pulso e a ponta do dedo médio segundo o eixo dos *x*. Então para verificar se o pulso se encontra virado à esquerda, Figura 30.a, o valor de *Dist_WtipM.x* tem de ser menor a 80% do valor negativo de *Ref_Dist_WP*, ou seja, *Ref_Dist_WP* vezes -1. Por outro lado, para verificar se o pulso está rodado para a direita, Figura 30.b, o valor de *Dist_WtipM.x* tem de ser maior a 80% do valor de *Ref_Dist_WP*.

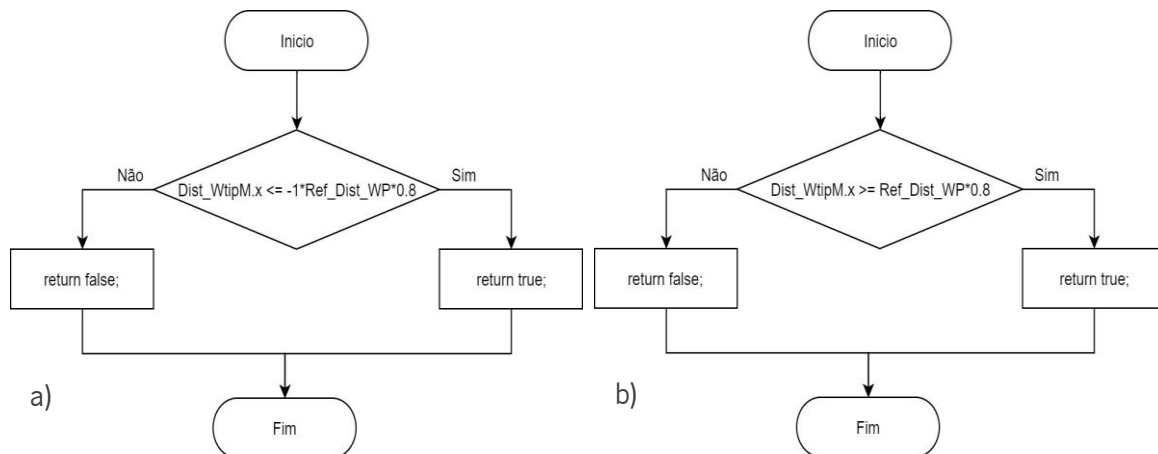


Figura 30 - Fluxograma dos processos de identificação de exercícios de aquecimento do pulso. a) Mover pulso para a esquerda. b) Mover pulso para a direita.

O exercício da Figura 8 do subcapítulo 3.1.2 consiste em executar movimentos rotativos com o pulso. Para realizar o reconhecimento deste exercício foi criada uma função para reconhecer este exercício em cada mão. Visto ser um movimento com uma sequência de várias posições, foram consideradas quatro posições diferentes que o jogador terá de percorrer sequencialmente, onde finaliza ao repetir a primeira posição. Então, para executar este exercício com a mão direita, primeiro o jogador terá de apresentar a mão com o pulso virado para cima, depois terá de rodar no sentido horário até que o pulso seja voltado para a direita, depois continuar a rodar o pulso até este se encontrar voltado para baixo, de seguida prosseguir com a rotação do pulso até este estar virado para a esquerda, depois continuar a rodar o pulso e finalizar o movimento com o pulso voltado para cima. O fluxograma da Figura 31.a mostra o processo para detetar a execução deste exercício com a mão direita.

Para detetar este exercício com a mão esquerda é utilizado o processo do fluxograma da Figura 31.b, onde o jogador deve rodar o pulso no sentido anti-horário. Começando por apresentar a mão com o pulso voltado para cima, passando sequencialmente pelas posições de ter o pulso virado para a esquerda, depois voltado para baixo, de seguida virado para a direita e finalizando o movimento com o pulso voltado para cima. Uma vez que, para realizar este exercício a mão passa por várias posições distintas, isso, implica a criação de variáveis que guardem a evolução do jogador ao executar este movimento. Assim, com esse mesmo propósito foram criadas as variáveis booleanas rodarFase1, rodarFase2, rodarFase3 e rodarFase4 iniciadas igual a falso.

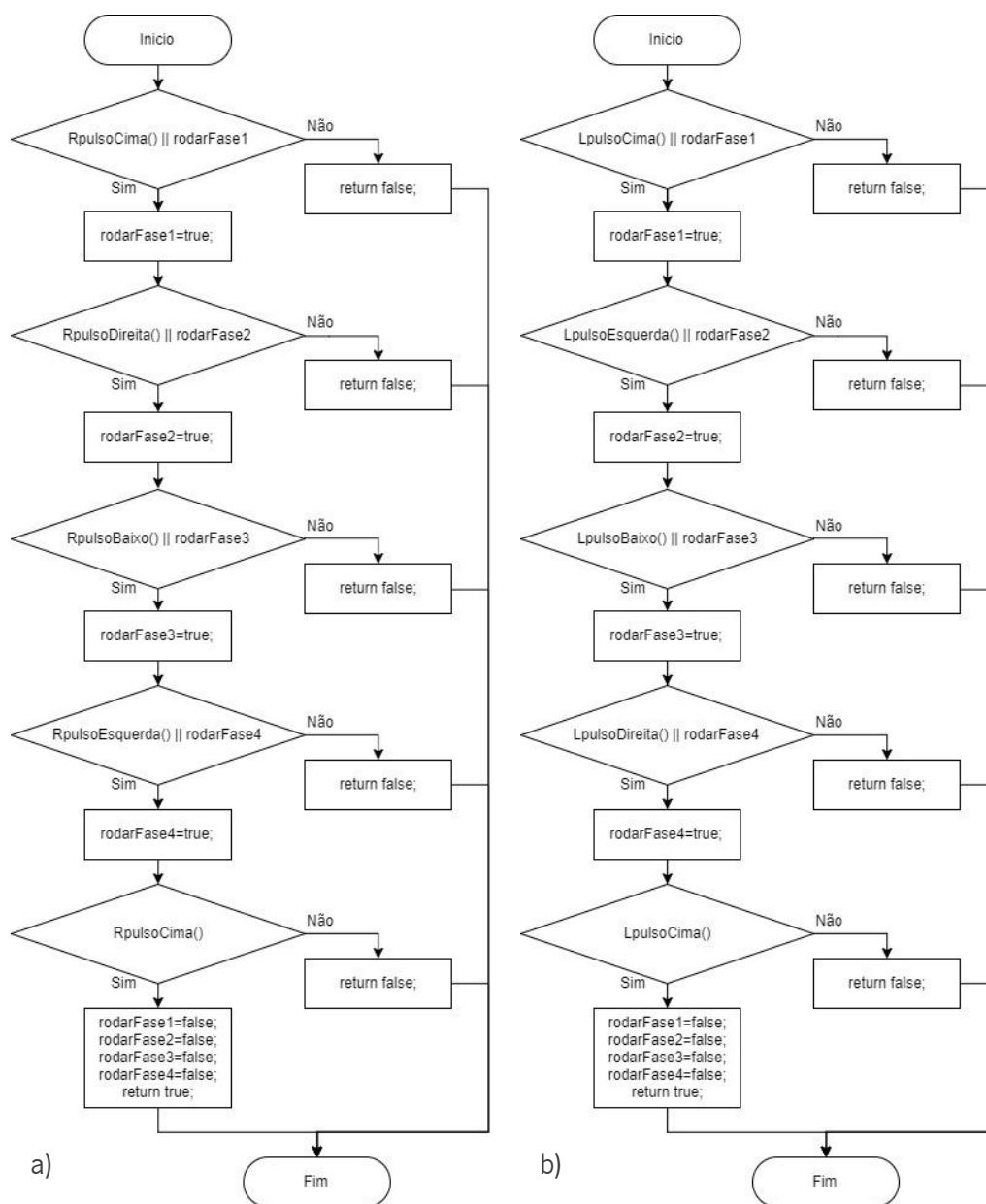


Figura 31 - Fluxograma dos processos de identificação de exercícios de aquecimento do pulso. a) Rodar pulso direito. b) Rodar pulso esquerdo.

O exercício da Figura 13 do subcapítulo 3.1.2, que consiste em movimentar aleatoriamente os dedos divide-se em quatro funções, duas para cada mão. Onde, uma das funções guarda a distância entre o pulso e cada ponta dos dedos a cada 10 *frames*. A outra função, verifica se estas distâncias, no *frame* atual, comparadas com as última distâncias guardadas variam em mais de 40%, por cada valor. Se estas condições se verificarem é considerado que os dedos se estão a movimentar aleatoriamente, caso contrário o sistema considera que os dedos não se movimentaram o suficiente. O fluxograma da Figura 32.a apresenta a função que guarda o valor das distâncias entre o pulso e a ponta dos dedos a cada 10 *frames*. O fluxograma da Figura 32.b apresenta o processo para verificar se os dedos se estão a movimentar aleatoriamente.

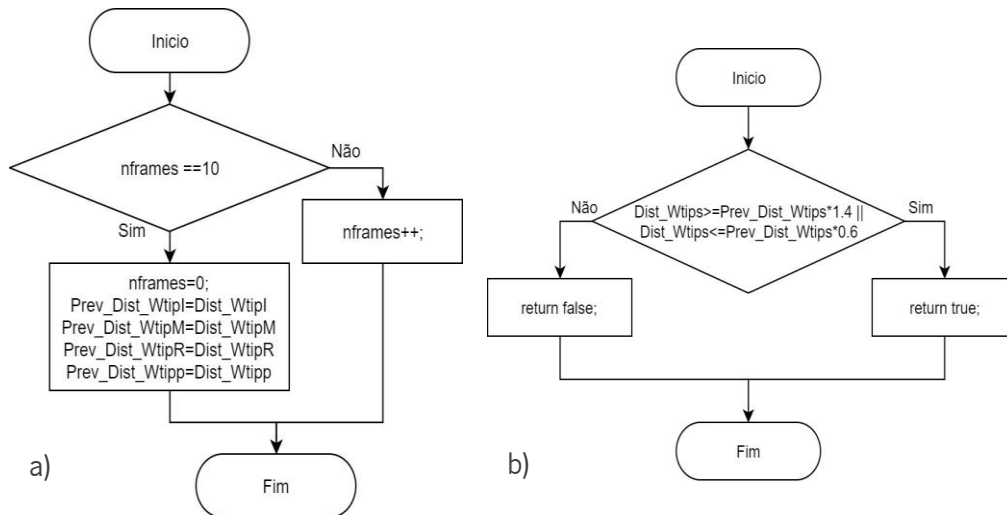


Figura 32 - Fluxograma dos processos de identificação de exercícios de aquecimento dos dedos.
 a) Valores guardados a cada 10 frames. b) Movimentar os dedos aleatoriamente.

No fluxograma Figura 32.a as variáveis *Dist_WtipL*, *Dist_WtipM*, *Dist_WtipR* e *Dist_WtipP* são os valores das distâncias, no *frame* atual, entre o pulso e a ponta de cada um dos dedos, e as variáveis *Prev_Dist_WtipL*, *Prev_Dist_WtipM*, *Prev_Dist_WtipR* e *Prev_Dist_WtipP* são os valores das distâncias entre o pulso e a ponta de cada um dos dedos guardadas a cada 10 *frames*. No fluxograma Figura 32.b todas as variáveis deviam ser usadas na comparação, no entanto para não tornar a expressão muito extensa as variáveis *Dist_Wtips* e *Prev_Dist_Wtips* representam todas as comparações que devem ser feitas entre *Dist_WtipL* e *Prev_Dist_WtipL*, entre *Dist_WtipM* e *Prev_Dist_WtipM*, entre *Dist_WtipR* e *Prev_Dist_WtipR* e entre *Dist_WtipP* e *Prev_Dist_WtipP*.

Para verificar a ocorrência do exercício da Figura 11 do subcapítulo 3.1.2, foram criadas duas funções para cada mão. Este exercício consiste em esticar e fletir os dedos, como tal uma das funções detecta se os dedos se encontram esticados, fluxograma da Figura 33.a, e a outra verifica se eles estão fletidos, fluxograma da Figura 33.b. Para validar que os dedos se encontram esticados o valor, no *frame* atual, da distância do pulso à ponta dos dedos deve ser superior a 90% destas mesmas distâncias de referência obtidas na cena *Hands Scene*. E para validar que os dedos estão fletidos, no *frame* atual, a distância do pulso à ponta dos dedos deve ser inferior a 115% do valor, no *frame* atual, da distância do pulso às *JointBI* dos dedos.

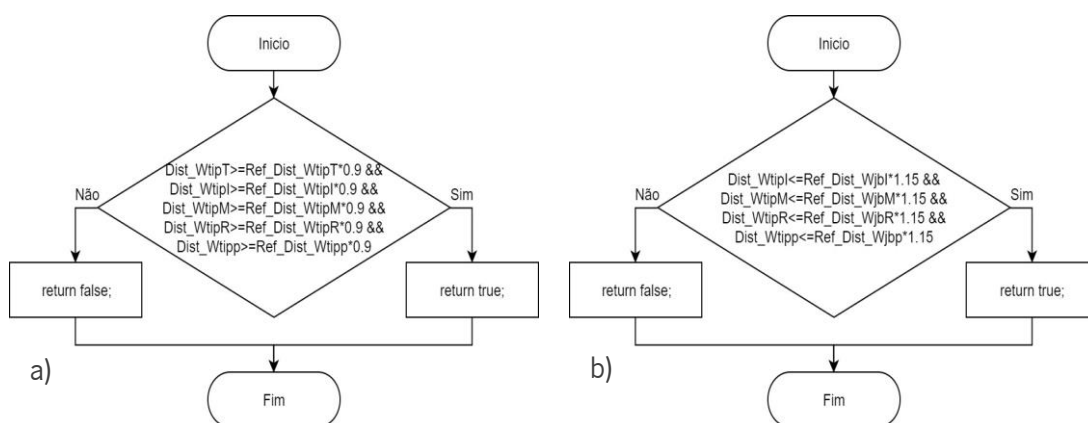


Figura 33 - Fluxograma dos processos de identificação de exercícios de aquecimento dos dedos. a) Esticar os dedos. b) Fletir os dedos.

Para reconhecer o exercício que consiste em unir ao polegar cada um dos restantes dedos, presente na Figura 12 do subcapítulo 3.1.2, foram criadas oito funções, quatro para cada mão, e um para cada dedo. O fluxograma da Figura 34 apresenta o processo para reconhecer quando se une ao polegar um dos restantes dedos da mão. Então para validar a ocorrência destes exercícios, a distância do pulso ao dedo que se quer unir ao polegar deve ter um valor entre mais ou menos 20% do valor da distância do pulso ao polegar e a distância entre o polegar e o dedo em questão não pode ser superior a 0.15 unidades de medida.

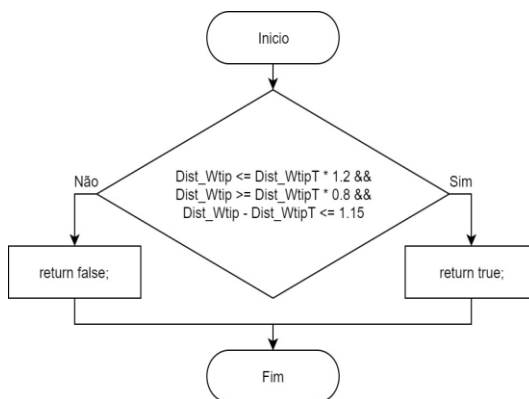


Figura 34 - Fluxograma dos processos de identificação de exercícios de aquecimento dos dedos. Juntar ao polegar um dos restantes dedos da mão.

O exercício da Figura 6 do subcapítulo 3.1.1 consiste no alongamento do pulso, onde o pulso de uma das mãos deve ser dobrado para cima ou para baixo com a ajuda da outra mão de forma a realizar o alongamento do mesmo. Assim, para reconhecer estes exercícios foram criadas um total de quatro funções, duas pelo alongamento de cada mão, onde uma verifica se o pulso está a ser alongado para cima e outra verifica se o pulso esta a ser alongado para baixo.

Para verificar se o pulso direito está a ser alongado para cima, primeiro é necessário verificar se a mão direita está voltada para cima, depois a mão esquerda tem de estar voltada para a direita. De seguida, é calculado um valor central onde as pontas dos dedos devem estar posicionadas para que o exercício seja reconhecido. Este valor central é dado pelo valor no eixo dos x da variável que representa a palma da mão direita e pelo valor no eixo dos y da variável da palma da mão esquerda. Visto que as mãos se vão sobrepor, é provável que alguns dos objetos de jogo dos dedos fiquem posicionados em locais errados, pois quando existem sobreposições os módulos de reconhecimento da mão estimam aproximadamente o local dos *tracking points* sobrepostos. Como tal, pelo menos seis das oito pontas dos dedos devem estar contidos à volta deste ponto central, com uma discrepância máxima de 0.5 unidades de medida. O fluxograma da Figura 35 mostra o processo para verificar se o pulso direito está a ser alongado para cima.

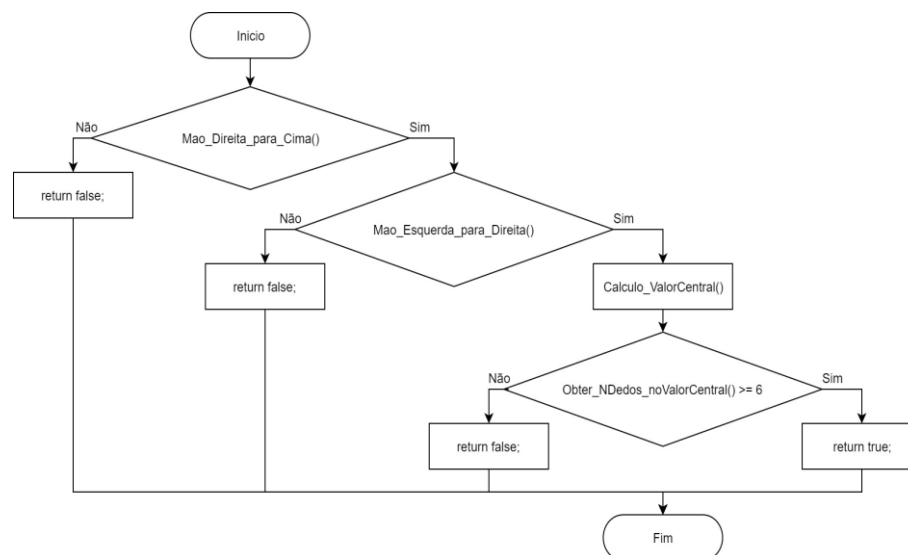


Figura 35 - Fluxograma dos processos de identificação de exercícios de alongamento do pulso. Alongamento do pulso direito para cima.

O método para o reconhecimento dos restantes exercícios de alongamento do pulso é semelhante, onde para verificar se o pulso direito está a ser alongado para baixo a única diferença é que deve ser reconhecido que o pulso direito está voltado para baixo. Por outro lado, quando a mão esquerda está a ser alongada, para obter o valor central onde a ponta dos dedos devem estar posicionadas é retirado o valor no eixo dos x da variável que representa a palma da mão esquerda e o valor no eixo dos y da variável da palma da mão direita. Além desta diferença, a mão que deve estar voltada para cima ou para baixo é a esquerda e a mão direita deve estar virada para a esquerda. As restantes condições são mantidas. O fluxograma da Figura 36 mostra o processo para verificar se o pulso esquerdo está a ser alongado para baixo.

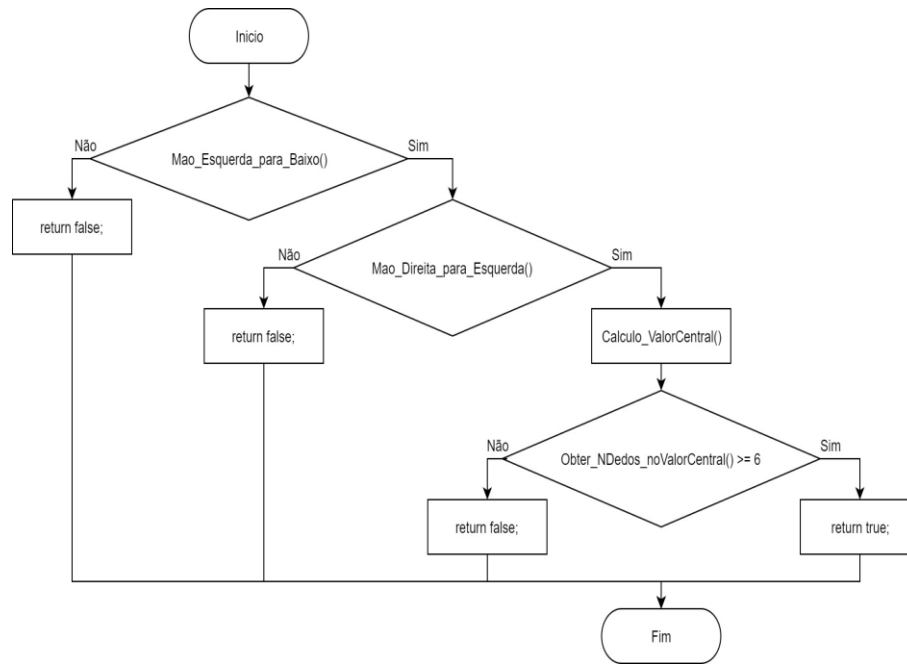


Figura 36 - Fluxograma dos processos de identificação de exercícios de alongamento do pulso. Alongamento do pulso esquerdo para baixo.

O exercício da Figura 7, do subcapítulo 3.1.1, consiste no alongamento dos dedos, onde se deve alongar principalmente o dedo médio, o indicador e o polegar das duas mãos. Para realizar o reconhecimento do alongamento do dedo médio e do indicador o procedimento é bastante semelhante ao procedimento do alongamento dos pulsos voltados para cima. No entanto, só cinco dos dedos é que devem estar à volta do valor central, mas dois dos quais devem ser o dedo médio e o indicador que estão a ser alongados, ou seja, se os dedos da mão esquerda estiverem a ser alongados os dedos médio e indicador dessa mão têm de estar à volta do valor central. O fluxograma da Figura 37 mostra o processo para verificar se o dedo médio e o indicador da mão esquerda estão a ser alongados.

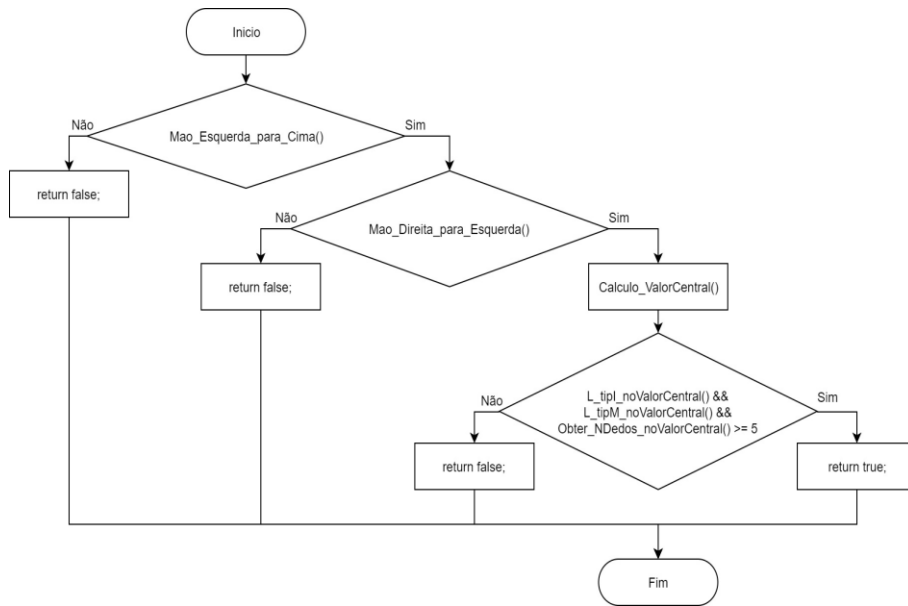


Figura 37 - Fluxograma dos processos de identificação de exercícios de alongamento dos dedos médio e indicador da mão esquerda.

Para reconhecer o alongamento do polegar, a mão tem o polegar a ser alongado deve estar voltada para cima e a outra mão deve estar virada em direção à mão que tem o polegar a ser alongado. Depois a posição do objeto de jogo da ponta do dedo do polegar, que está a ser alongado, deve ser aproximadamente a mesma que a dos objetos de jogo de duas das pontas dos dedos médio e indicador da outra mão. O fluxograma da Figura 38 mostra o processo para verificar se o polegar está a ser alongado.

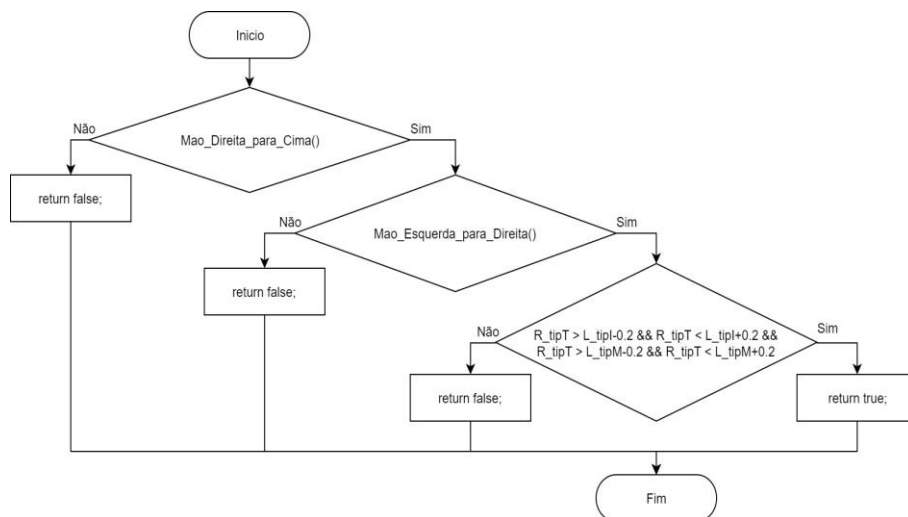


Figura 38 - Fluxograma dos processos de identificação de exercícios de alongamento do polegar.

No fluxograma da Figura 38 as variáveis L_tipL, L_tipM e R_tipT representam respetivamente a posição dos objetos de jogo da ponta dos dedos médio, indicador, da mão esquerda, e do polegar, da mão direita.

5.6 Desenvolvimento dos jogos

Para cada exercício de prevenção, exercícios de alongamento e de aquecimento, foram desenvolvidos jogos diferentes. Assim, este subcapítulo aborda o desenvolvimento de todos os jogos e quais os exercícios de prevenção implementados em cada um deles. Foram criados sete jogos para abranger todos os exercícios de prevenção anteriormente propostos, que são *Ping Pong Game*, *Space Ship Game*, *Hedgehog*, *Invasion Game*, *Rats Invasion Game*, *Car Run Game*, *Hand Flow Game* e *Shooting Game*. Cada um destes jogos é cotado com uma pontuação, para dar mérito à execução dos exercícios de prevenção, previamente descritos no subcapítulo 3.1. Foi criado um *script*, chamado de *TotalScore*, onde foi implementada a função *Awake*, que impede que o objeto de jogo, ao qual, este *script* está associado seja destruído quando uma nova *Scene* é carregada. Isto permite que o *script TotalScore* navegue através de todas as *Scenes* de todos os jogos. E assim vai guardar e somar todas as pontuações individuais dos jogos, para dar uma pontuação final ao desempenho do jogador no decorrer da atividade.

5.6.1 Jogo 1 – *Ping Pong Game*

O *Ping Pong Game* é baseado no jogo *arcade Pong*. O *Pong* é um dos primeiros jogos de computador criados. Foi originalmente desenvolvido pelo Allan Alcorn e lançado em 1972 pelas empresas Atari. Hoje em dia, o *Pong* tornou-se num dos símbolos dos jogos de computador e é considerado como um dos jogos que iniciou a indústria dos videojogos (“Pong Game,” n.d.).

O *Pong* é baseado em partidas de ténis, e consiste em duas barras e uma bola, onde o objetivo do jogo é derrotar o adversário, sendo o primeiro a marcar dez pontos. Sempre que a barra do adversário não acerta na bola, e esta atinge a linha final, é adicionado um ponto ao jogador. Este jogo pode ser jogado entre dois jogadores humanos, ou um jogador humano contra o computador.

Neste caso, o *Ping Pong Game*, Figura 39, o jogador joga contra si próprio e o objetivo é obter o menor número de pontos sofridos num minuto de jogo. O jogador controla o movimento das duas barras através do exercício de aquecimento do pulso com movimentos verticais, Figura 40. Cada mão do jogador controla as barras durante trinta segundos, a primeira mão usada é a mão direita e depois é a vez da mão esquerda. Desta forma ambas as mãos são exercitadas.

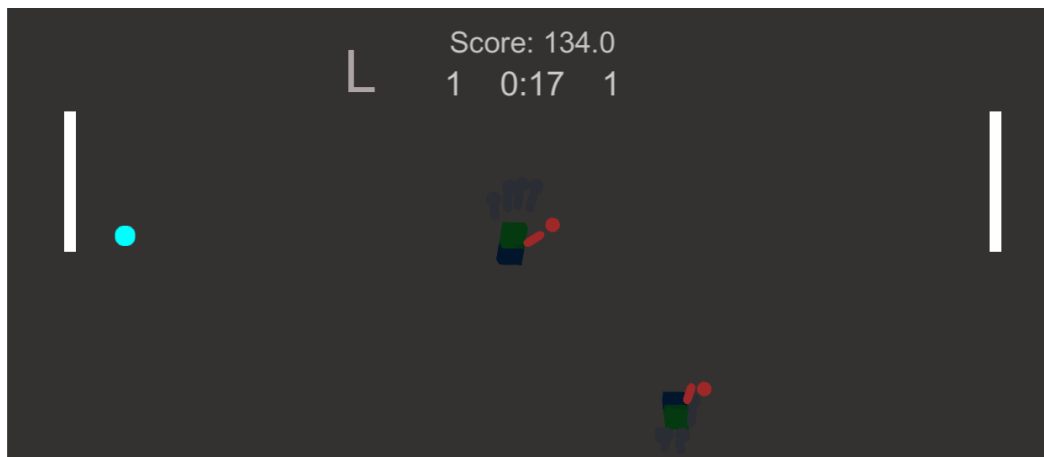


Figura 39 - Ping Pong Game.

O exercício de prevenção presente neste jogo é o exercício de aquecimento do pulso com movimentos verticais, presente na Figura 10 da subcapítulo 3.1.2. A Figura 40 mostra a execução desse mesmo exercício, mas neste caso são apresentados os *tracking points* da mão detectados a partir do modelo das mãos.



Figura 40 – Posicionamento dos tracking points da mão para executar o exercício de aquecimento do pulso, como movimentos verticais.

A Figura 40 apresenta três posições da mão, através da primeira posição o jogador consegue deslocar as barras para cima, a partir da segunda posição as barras ficam imóveis no local onde se encontram e com a terceira posição as barras são deslocadas para baixo. O reconhecimento deste exercício é realizado através do fluxograma da Figura 29 que distingue se a mão está voltada para cima ou para baixo, e caso o retorno dessas duas verificações seja falso indica ao sistema que a mão está numa posição neutra, onde deve manter as barras onde se encontram. O fluxograma da Figura 41 mostra o processo realizado pelo sistema para verificar para que lado a mão está voltada, assim se a mão estiver voltada para cima retorna 1, que representa a instrução para mover as barras para cima, se tiver voltada para baixo retorna 2, que é a instrução para mover as barras para baixo, e caso nenhuma destas posições seja reconhecida retorna 0, que representa a instrução sem movimento e faz parar as barras.

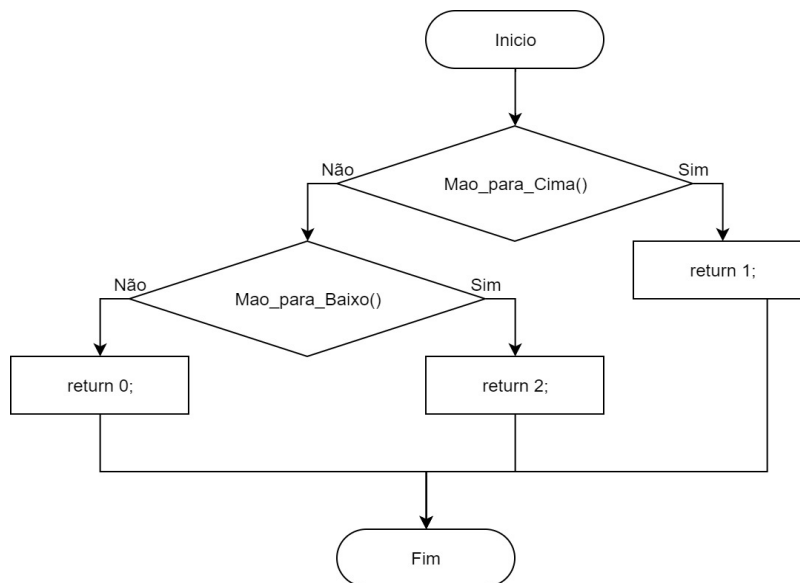


Figura 41 - Fluxograma do processo para a identificação dos comandos do jogo 1.

Para desenvolver este jogo foram criadas em *Photoshop* os *Assets* da Figura 42 que contém duas barras, controladas pelo jogador através do exercício de aquecimento do pulso, a bola, que é lançada do centro do campo e que se move de lado para lado batendo nos limites superiores e inferiores do campo, contra as barras ou contra os limites laterais do campo.



Figura 42 - *Assts* do jogo 1.

Na elaboração deste jogo foram criados seis *scripts*, que são: *BallControl*, *GameSetup*, *SideWalls*, *PingPongScore*, *PlayerControls* e *GameManager*. O *script* *BallControl* determina para que lado a bola é lançada e determina o que acontece à bola sempre que colide com outros objetos de jogo. Assim, quando a bola colide com as barras, controladas pelo jogador, a velocidade no eixo dos y é recalculada através na Equação 1. Onde o “*VBy*” é a velocidade da bola no eixo dos y, e o “*VPaddley*” é a velocidade de deslocamento da barra, também no eixo dos y, no momento da colisão. Este novo valor, “*newVBally*”, é calculado de para criar efeitos na bola.

$$\text{newVBally} = \text{VBy} + 1/3 * \text{VPaddley} \quad (1)$$

Sempre que a bola colidir com um dos limites laterais do campo é adicionado um ponto ao *score* do jogo e a bola é novamente lançada a partir do centro do campo, escolhendo aleatoriamente o lado para a qual é lançada. O *script GameSetup* é responsável por estabelecer os limites do campo e as barras no local correto. No *script SideWalls* é identificada qual o limite lateral que colide com a bola para adicionar um ponto do lado correto, ou seja, caso a bola colida com o limite lateral direito é adicionado um ponto ao *score* do lado esquerdo, caso colida com o limite lateral esquerdo é adicionado um ponto ao *score* do limite lateral direito.

No *script PingPongScore* é calculado e atualizado o *score* do jogo. O *score* é calculado através da Equação 2, onde o "*yPaddlePosition*" representa o deslocamento vertical das barras, controlado pelo jogador, de modo a valorizar a execução do exercício de aquecimento do pulso e o "*goal*" representa o total de pontos marcados no decorrer do jogo. Assim, sempre que um ponto for sofrido são retirados 30 pontos ao *score*.

$$\text{pingPongScore} = \text{yPaddlePosition} * 2 - 30 * \text{goal} \quad (2)$$

O *script PlayerControls* abrange o movimento das barras, ou seja, através da execução dos exercícios de aquecimento da Figura 40, este *script* vai verificar em que sentido as barras se vão deslocam, isto é, verifica se está a ser executado o exercício para deslocar as barras para cima ou para baixo e verifica também quando nenhum dos exercícios está e ser executado e para o movimento das barras.

Através do *script GameManager* é atualizado o tempo de jogo e os valores dos pontos marcados. Este *script* também gere qual a mão que controla as barras. Assim, até aos 30 segundo de jogo o jogador controla as barras com a mão direita, e após os 30 segundos até aos 60 segundo a mão esquerda é a responsável por esse feito. Ao fim dos 60 segundo o jogo acaba o valor da variável "*pingPongScore*" é enviado para o *script TotalScore* e é carregada a próxima *Scene* com o jogo seguinte.

5.6.2 Jogo 2 – *Space Ship Game*

Após os 60 segundos do primeiro jogo é carregada a *Scene* do segundo jogo. O segundo jogo é o *Space Ship Game* e é baseado no jogo de vídeo clássico *Space Invaders*. *Space Invaders* foi desenvolvido pelo Tomohiro Nishikado e lançado por Taito em 1978. Este jogo foi um dos primeiros jogos de vídeo e foi um sucesso imediato quando lançado, e ajudou a expandir a indústria dos videogames à escala mundial (ArcadeClassics.net, n.d.; classicgaming, n.d.). O *Space Invaders* é um jogo de tiro 2D onde o jogador deve proteger a terra de *aliens* invasores, para isso o jogador deve disparar contra todos os *aliens* que se aproximem.

No caso do *Space Ship Game*, Figura 43, o jogador deve mover a nave espacial de um lado para o outro na horizontal de modo a evitar os meteoritos que se aproximem da nave, e consequentemente a destruam. O jogador controla o movimento da nave através do exercício de aquecimento do pulso com movimentos horizontais, Figura 44. A nave está também equipada com canhões, e assim através do exercício de aquecimento dos dedos presente na Figura 45 é possível disparar mísseis dos quatro canhões, em simultâneo, contra os meteoritos de modo a destruí-los. Para exercitar as duas mãos, cada mão tem o controlo da nave por cada 150 pontos, possibilitando ao jogador de executar os dois exercícios de aquecimento. Após os 300 pontos o jogador tem um bônus e pode jogar mais 100 pontos com cada mão, e o jogo termina quando o jogador fizer pelo menos 500 pontos ou assim que a nave for destruída pela segunda vez após os 300 pontos.

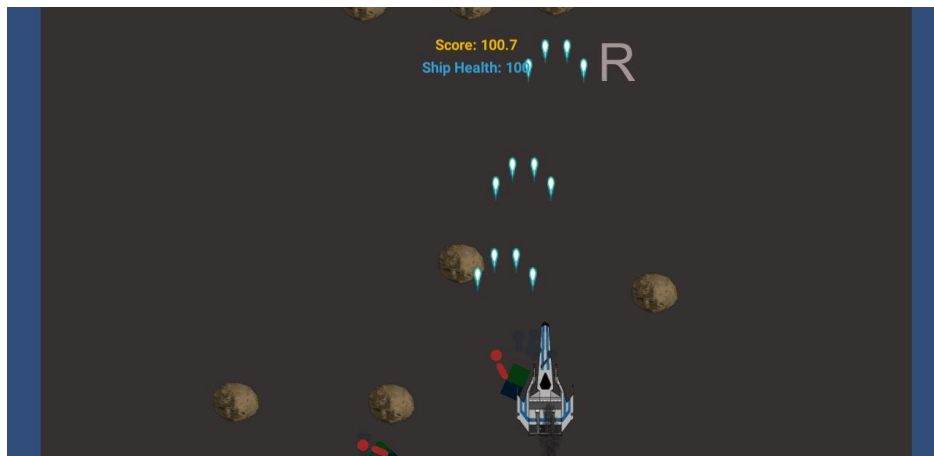


Figura 43 - *Space Ship Game*.

Um dos exercícios de prevenção existente neste jogo é o exercício de aquecimento do pulso com movimento horizontais, presente na Figura 9 do subcapítulo 3.1.2. Na Figura 44 são apresentados os *tracking points* da mão detetados a partir dos módulos da Intel, para este mesmo exercício.



Figura 44 - Posicionamento dos tracking points da mão para executar o exercício de aquecimento do pulso, como movimentos horizontais.

A Figura 44 mostra as três posições da mão para movimentar a nave. A nave é movimentada para a esquerda a partir da primeira posição da mão. A terceira posição da mão desloca a nave para a direita, e com a segunda posição da mão a nave fica imóvel.

Para o exercício da Figura 6 presente no subcapítulo 3.1.2, que consiste em mover aleatoriamente os dedos, estão presentes na Figura 45 os *tracking points* da mão para a realização deste exercício.



Figura 45 - Posicionamento dos tracking points da mão para executar o exercício de aquecimento dos dedos. Esticar e Fletir.

A Figura 45 apresenta as duas posições da mão para disparar os canhões da nave. Então para disparar os canhões é simplesmente necessário começar a mover aleatoriamente os dedos da mão que está a controlar a nave.

Os fluxogramas da Figura 30 e Figura 32 apresentam o procedimento para identificar quando é executado o exercício de aquecimento neste jogo, respetivamente, do pulso e dos dedos. O fluxograma da Figura 46 apresenta o processo para enviar os comandos de jogo para o jogo sempre que algum dos exercícios de aquecimento que o jogador deve executar neste jogo forem executados. Assim, ao executar o exercício de aquecimento do pulso com movimentos horizontais é retornado o valor 1 caso a mão esteja virada para a direita e 2 caso a mão esteja virada para a esquerda. Estes valores de retorno vão deslocar a nave para a direita e para a esquerda, respetivamente. Ao executar o exercício de aquecimento dos dedos deste jogo o valor retornado é o 3, e corresponde ao comando de jogo que dispara os canhões da nave.

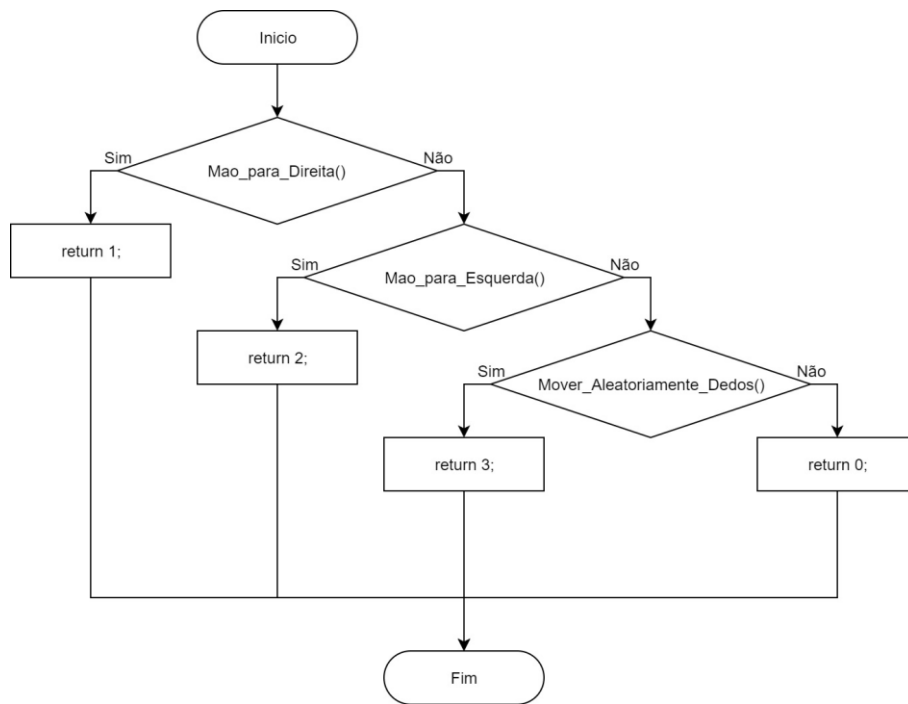


Figura 46 - Fluxograma do processo para a identificação dos comandos do jogo 2.

Os *Assets* criados para este jogo estão presentes na Figura 47 e foram criados a partir do Photoshop. A nave é controlada pelo jogador através do exercício de aquecimento do pulso, os meteoritos são lançados aleatoriamente a partir de cima, e para destruí-los é necessário atingi-los com vários mísseis. Sempre que um meteorito é destruído este divide-se em três meteoritos mais pequenos na zona de explosão.

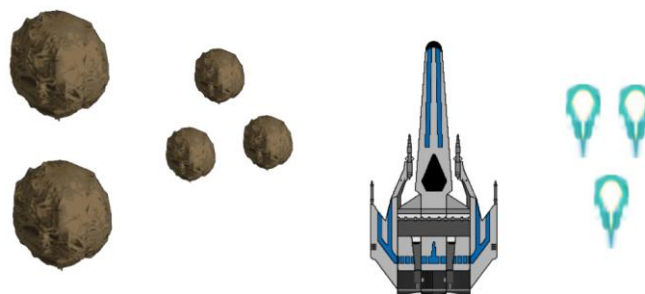


Figura 47 - *Assets* do jogo 2.

Para desenvolver este jogo foram criados onze *scripts*, sendo eles MeteoriteSpuner, Meteorite, MiniMeteorite, PlayerControl, ShoterSpawner, ShipShots, ShipDamage, HealthText, Explosion, Score e SpaceShipGameManager.

O *script* MeteoriteSpuner é o responsável por lançar os meteoritos grandes. Este *script* recebe como parâmetros cinco posições de onde lança quatro meteoritos, as quatro posições de onde são lançados os meteoritos são escolhidas aleatoriamente. A posição que não é escolhida é o local por

onde a nave terá mais facilidade em passar. A partir deste *script* os meteoritos iram deslocar-se verticalmente de cima para baixo. Então para adicionar um efeito mais imprevisível no deslocamento dos meteoritos foi adicionado no *script* Meteorite uma força inicial aleatória aos meteoritos, que faz com que eles também se desloquem na horizontal. É também este *script* que verifica quando é que os meteoritos grandes são destruídos e que, conseqüentemente lança os três meteoritos pequenos. O *script* MiniMeteorite está associado aos meteoritos pequenos e verifica quando estes são destruídos.

O *script* PlayerControl é o responsável pelos movimentos da nave. Assim este *script* utiliza os exercícios de aquecimento da Figura 44 como comandos para movimentar a nave na horizontal, de forma a evitar colisões com os diversos meteoritos. O *script* ShoterSpawner recebe como parâmetro a posição atual dos quatro canhões da nave para disparar os mísseis a partir da posição correta. Assim, com o exercício de aquecimento dos dedos da Figura 45 é gerado o comando para que seja possível disparar os mísseis dos canhões, para destruir alguns dos meteoritos. A eliminação dos objetos de jogo dos mísseis criados pelo *script* ShoterSpawner é efetuada pelo *script* ShipShot. sempre que os mísseis atingem os meteoritos ou saem da área visível de jogo.

Através do *script* ShipDamage é criado um efeito de fumo na nave, sempre que esta atinge um baixo nível de vida. É possível ver, no *display* de jogo, qual o nível de vida da nave através do *script* HealthText. Sempre que o nível de vida da nave atinge o zero é acionado um efeito de explosão acionado através do *script* Explosion. Este *script* também ativa o efeito de explosão sempre que um meteorito grande ou pequeno é destruído.

Para calcular a pontuação deste jogo é utilizado o *script* Score. A pontuação é calculada através da Equação 3. Onde o "*shipMoviment*" é o movimento horizontal da nave, controlado pelo jogador de modo a valorizar a execução do exercício de aquecimento do pulso, os "*meteorites*" e os "*minimeteorites*" representa, respetivamente, os meteoritos grandes e os meteoritos pequenos destruídos através dos mísseis disparados pelo jogador de modo a valorizar a execução do exercício de aquecimento dos dedos. Por fim, "*destroyedShip*" é o número de vezes que a nave é destruída.

$$score = meteorites * 5 + miniMeteorites * 2 + shipMoviment - destroyedShip * 10 \quad (3)$$

Finalmente, o *script* SpaceShipGameManager é o responsável por retirar os pontos de vida à nave, sempre que atingida, e ativa o efeito de fumo quando o nível de vida da nave fica baixo. Também é responsável por ativar o efeito de explosão e reiniciar a sena de jogo sempre que a nave é destruída. Para controlar a nave é somente necessário utilizar uma mão de cada vez, então para que o jogador

exercite as duas mãos neste jogo, a cada 150 pontos de *score* é trocada a mão que controla a nave. Finalmente, este *script* é também responsável por carregar a próxima cena de jogo, com o jogo *Hedgehog Invasion Game*, assim que a nave seja destruída pela segunda vez após os 300 pontos ou após os 500 pontos, se a nave não for destruída mais de uma vez.

5.6.3 Jogo 3 – *Hedgehog Invasion Game*

Com a última destruição da nave do jogo anterior ou após ser atingido pelo menos 500 pontos, é carregada a *Scene* correspondente ao terceiro jogo, que é o *Hedgehog Invasion Game*. Este jogo é baseado no jogo *Angry Birds*, desenvolvido pela *Rovio Entertainment* lançado em 2009. Embora seja um jogo recente tem bastante sucesso e é mundialmente conhecido, conta já com mais de 12 milhões de cópias vendidas, este jogo consiste em arremessar pássaros a partir de flegas contra as construções que protegem os porcos de modo a destruir as construções e eliminar os porcos (“*Angry Birds*,” n.d.).

No *Hedgehog Invasion Game*, Figura 48, o jogador vai lançar ouriços-cacheiros, com a utilização de catapultas, contra as construções inimigas de modo a destruí-las e eliminar os dragões existentes nessas construções. Para lançar os ouriços-cacheiros, o jogador tem de içar as catapultas executando várias vezes o exercício de aquecimento do pulso com movimentos de rotação da Figura 49, quando o jogador quiser catapultar o ouriço-cacheiro, o jogador deve executar o exercício da Figura 50. Assim, para içar a catapulta e lançar o ouriço-cacheiro do lado esquerdo, o jogador deve executar estes exercícios utilizando a mão esquerda, e para a utilização da catapulta do lado direito deve ser a mão direita a executar os exercícios. Deste modo, o jogador pode exercitar as duas mãos com estes exercícios.

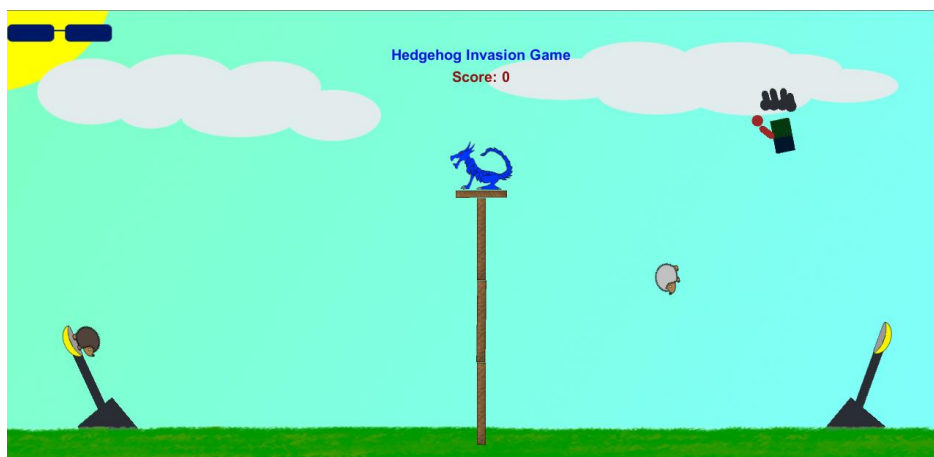


Figura 48 - *Hedgehog Invasion Game*.

Neste jogo são utilizados dois exercícios, onde um é o exercício de prevenção que consiste no aquecimento do pulso com movimentos de rotação, presente na Figura 8 do subcapítulo 3.1.2. A Figura 49 apresenta os *tracking points* da mão detetados a partir dos módulos da *Intel* para a execução deste mesmo exercício.



Figura 49 - Posicionamento dos tracking points da mão para executar o exercício de aquecimento com movimentos rotativos do pulso.

A Figura 49 apresenta várias posições pelas quais a mão tem de passar para que o movimento de rotação, da mão, seja reconhecido. Assim, cada movimento de rotação inça a catapulta um pouco para trás. Ao fim de algumas rotações, a catapulta já estará suficientemente inçada, e basta realizar o movimento da Figura 50 para conseguir lançar o ouriço cacheiro com força suficiente contra a construção inimiga de modo a eliminar todos os inimigos nela presentes.

Para o exercício da Figura 12 presente no subcapítulo 3.1.2, que consiste no exercício de aquecimento onde se deve esticar e fletir os dedos, estão presentes na Figura 50 os *tracking points* da mão para a realização deste exercício.



Figura 50 - Posicionamento dos tracking points da mão para executar o exercício de aquecimento dos dedos. Esticar e Fletir os dedos.

Os fluxogramas da Figura 31 reconhecem sempre que é executada uma rotação do pulso de uma das mãos e a Figura 33 apresenta o processo que reconhece quando é executado o movimento de esticar e fletir os dedos. Assim, o fluxograma da Figura 51 demonstra o processo que identifica a execução destes exercícios como comandos de jogo. Portanto, sempre que o sistema reconhece que o jogador executou o exercício de rotação do pulso direito é retirado o valor 1 e a catapulta do lado direito é ligeiramente inçada. Ao reconhecer a execução do mesmo exercício, mas desta vez com a mão esquerda é retornado o valor 2 e, por sua vez, é inçada a catapulta do lado esquerdo do campo. Assim que o jogador quiser lançar o ouriço-cacheiro da catapulta do lado direito basta esticar e fletir os dedos da mão direita, com este exercício é retornado o valor 3. O valor 4 é retornado quando o jogador executar o exercício de esticar e fletir os dedos da mão esquerda, o que provoca o lançamento do ouriço-cacheiro do lado esquerdo do campo.

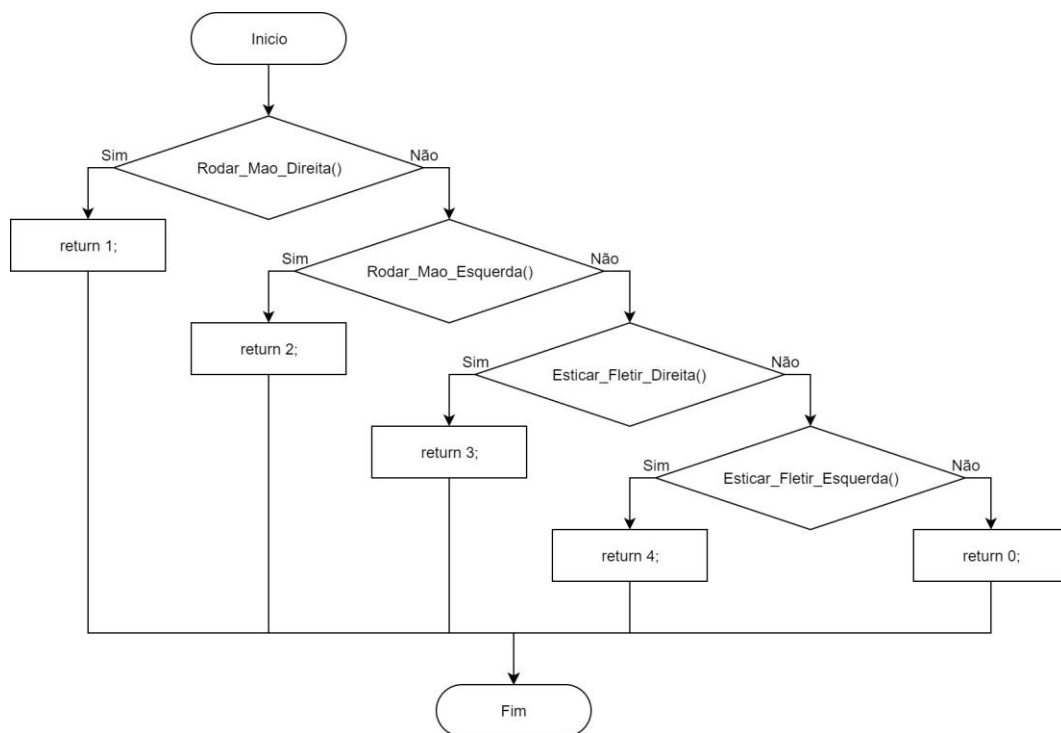


Figura 51 - Fluxograma do processo para a identificação dos comandos do jogo 3.

Os Assets criados, a partir do Photoshop, para este jogo estão presentes na figura Figura 52. Nesta figura estão presentes os ouriços-cacheiros que são lançados do lado direito e do lado esquerdo, com o objetivo de eliminar os inimigos. As catapultas, são utilizadas para lançar os ouriços cacheiros. Estão também presentes os dragões, que são os inimigos no jogo, e é preciso elimina-los a todos para passar de nível. As construções que foram criadas para proteger os dragões, são feitas a partir a partir dos blocos de madeira pequenos e grandes.

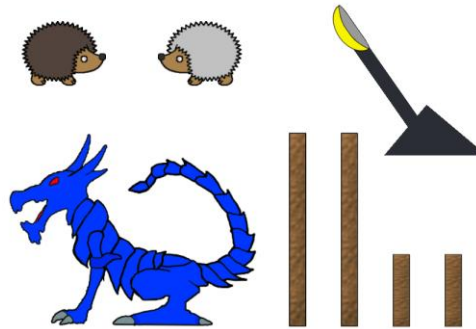


Figura 52 - Assets jogo 3.

No desenvolvimento deste jogo foram criados 9 *scripts*, para controlar os objetos de jogo. Os *scripts* são: *RightCatapult*, *LeftCatapult*, *RightCacheiro*, *LeftCacheiro*, *EnemyConstruction*, *WoodBlock*, *Enemy*, *HedgehogScore* e o *GameManeger*.

Os *scripts* *RightCatapult* e *LeftCatapult* são os responsáveis pelo controlo das catapultas. Assim, quando o jogador faz os exercícios de aquecimento sugeridos neste jogo, Figura 49 e Figura 50, são estes *scripts* que vão identificar qual das catapultas é içada e qual é a catapultas que recebe a instrução para lançar o ouriço-cacheiro.

Os *scripts* *RightCacheiro* e *LeftCacheiro* controlam os objetos de jogos dos ouriços-cacheiros. Ao içar as catapultas o braço e a pá da catapultas movem-se, então os ouriços-cacheiros dessa catapultas devem acompanhar este movimento, e é através destes *scripts* que esse acompanhamento é realizado. Além disso, estes *scripts* também são os responsáveis por libertar os ouriços-cacheiros das catapultas de modo a serem lançadas contra as construções inimigas. Para aparecer um novo ouriço cacheiro na catapultas o objeto de jogo do ouriço cacheiro lançado anteriormente deve ser destruído. Como tal, o objeto de jogo do ouriço cacheiro é destruído após 4 segundos da primeira colisão deste mesmo ouriço cacheiro com algum outro objeto de jogo.

Para este jogo foram criados 10 níveis, que representam 10 construções inimigas. A Figura 53 apresenta todos os níveis desenvolvidos. O *script* *EnemyConstruction* é o responsável por carregar os vários níveis de jogo. O próximo nível é carregado sempre que todos os inimigos, presentes numa construção, ou seja, num nível, são eliminados. Uma vez que neste jogo o jogador só tem 10 ouriços-cacheiros, 5 por catapultas, para atingir o décimo e último nível o jogador deve utilizar somente um ouriço cacheiro por nível para conseguir superar todos os níveis criados.

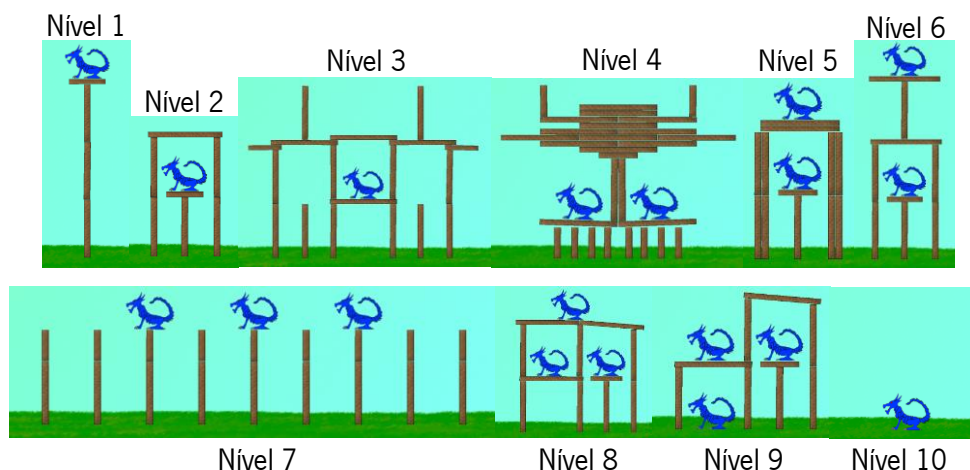


Figura 53 - Dez níveis do jogo Hedgehog Invasion Game.

As construções inimigas são puramente constituídas pelos blocos de madeira e o *script WoodBlock* determina quando estes são destruídos seja por colisão direta com os ouriços-cacheiros, seja por colisão com o chão e/ou entre eles. Outro dos constituintes das construções inimigas são os próprios inimigos, representados pelos dragões. O *script Enemies* é o responsável por determinar quando é que os inimigos são eliminados. Aos inimigos é-lhes atribuído um nível de saúde, ao qual a força de impacto, com os ouriços-cacheiros, o chão e/ou os blocos de madeira, lhes retira saúde até que este valor atinge o zero e então são eliminados.

O cálculo da pontuação deste jogo é obtida através do *script HedgehogScore*. A Equação 4 apresenta como o cálculo é feito e quais os principais elementos que contam para a pontuação do jogo. Assim a variável “*enemy*” conta quantos inimigos foram eliminados, a variável “*woodBlock*” o número de blocos de madeira destruídos e o “*levelPassed*” conta quantos níveis o jogador concluiu com sucesso. No caso deste jogo não vale a pena valorizar a execução do exercício por parte do jogador, uma vez que, para concluir os níveis com sucesso os exercícios têm de ser bem executados, para resultarem em bons lançamentos dos ouriços-cacheiros.

$$score = enemy * 50 + woodBlock * 10 + levelPassed * 100 \quad (4)$$

Por fim, o *script GameManager* é responsável por receber todos os ouriços-cacheiros que serão lançados e todos os níveis de jogo. Este *script* deve carregar as catapultas com os ouriços-cacheiros sempre que necessário, ou seja, no início do jogo e após um ouriço cacheiro ser lançado, e enquanto existirem mais ouriços-cacheiros para colocar nas catapultas. Depois este *script* deve, também, ativar um novo nível sempre que o nível atual não contenha mais inimigos para eliminar, e ao passar de nível

deve ativar a animação de fim de nível. Quando não existirem mais ouriços-cacheiros para lançar ou quando todos os níveis forem concluídos com sucesso deverá ser apresentada a animação de fim de nível e a próxima cena de jogo deve ser carregada, passando assim para o jogo seguinte intitulado por: *Rats Invasion*.

5.6.4 Jogo 4 – *Rats Invasion Game*

O *Rats Invasion Game* é baseado no jogo *Piano Tiles*, criado por Hu Wen Zeng e lançado em 2014 por Umoni Studios para as plataformas *iOS* e *Andrid*, (“Piano Tiles is a game super fun,” 2015). O *Piano Tiles* consiste em clicar em todas as teclas pretas que surgem do topo do ecrã e sempre que uma destas teclas é clicada emite o som do piano referente à nota musical da musica que está a ser jogada. A partida acaba sempre que uma das teclas pretas fica por clicar ou sempre que o jogador tocar na parte branca do ecrã.

Neste caso, no *Rats Invasion Game*, Figura 54, o jogador tem como objetivo eliminar todos os ratos que se deslocam do topo do ecrã até ao fundo em quatro caminhos diferentes. Os quatro caminhos são: o vermelho, o azul, o verde e o amarelo. Em cada um dos caminhos existe uma armadilha que pode ser ativada pelos exercícios que consiste em unir ao polegar cada um dos restantes dedos da mão, um dedo de cada vez, Figura 55, onde cada um dos restantes dedos, quando unidos ao polegar, é responsável por ativar a armadilha de um dos caminhos. Neste jogo, cada mão do jogador é a responsável por tentar eliminar 16 ratos. O jogador joga primeiro com a mão direita e depois de 16 ratos usa a mão esquerda para ativar as armadilhas. Assim, os dedos das duas mãos são exercitados.

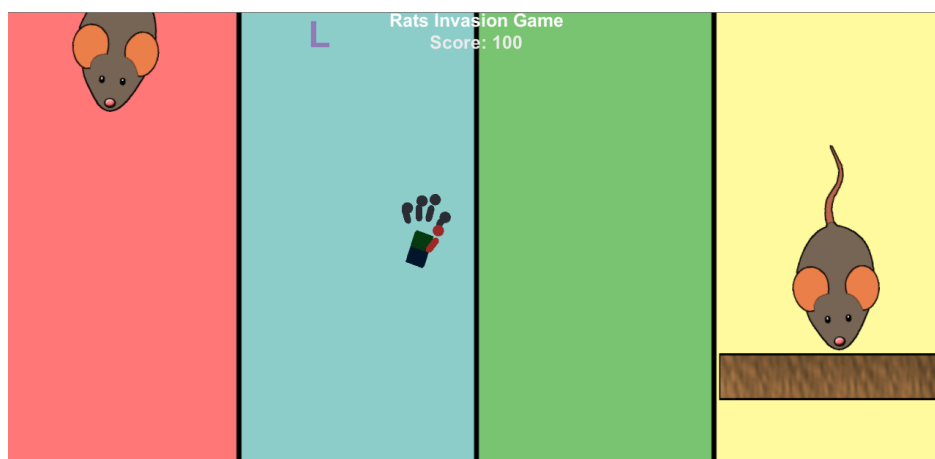


Figura 54 - *Rats Invasion Game*.

O exercício presente neste jogo é o exercício de aquecimento dos dedos onde o jogador deve em unir ao polegar cada um dos restantes dedos da mão, um dedo de cada vez, este exercício está presente na Figura 12 do subcapítulo 3.1.2. A Figura 55 mostra a execução deste mesmo exercício, mas nesta imagem são apresentados a posição dos *tracking points* da mão detetados a partir do modelo das mãos.

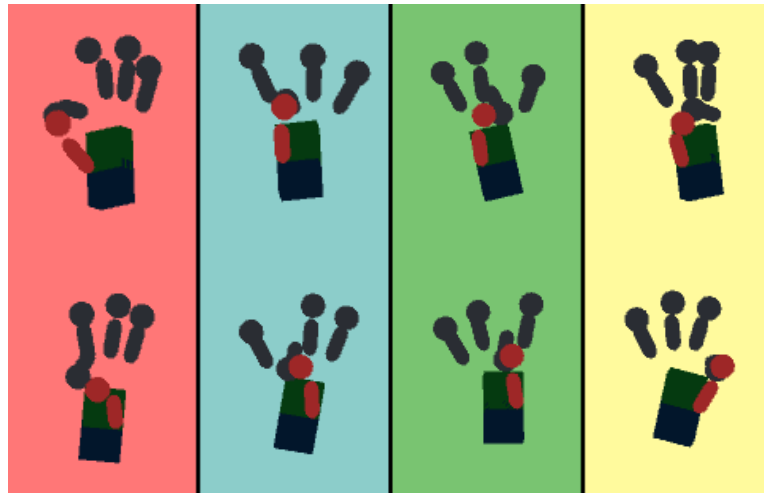


Figura 55 - Posicionamento dos *tracking points* da mão para executar o exercício de aquecimento dos dedos. Unir ao polegar os restantes dedos (um de cada vez).

A Figura 55 apresenta os quatro caminhos utilizados pelos ratos atravessar o campo de jogo e qual o dedo que deve ser unido com o polegar para ativar a armadilha desse mesmo caminho. Assim, no caminho vermelho, com a utilização da mão direita o jogador deve unir ao polegar o dedo indicador, e ao usar a mão esquerda deve unir o dedo mindinho ao polegar para assim ativar a armadilha deste caminho. Para o caminho azul, ao utilizar a mão direita, o jogador, deve unir ao polegar o dedo médio, e com a mão esquerda deve ser unido ao polegar o dedo anelar e assim é ativada a armadilha do caminho azul. Para ativar a armadilha do caminho verde, ao utilizar a mão direita deve ser unido ao polegar o dedo anelar e com a mão esquerda deve ser unido ao polegar o dedo médio. Finalmente, para ativar a armadilha do caminho amarelo com a mão direita deve-se unir ao polegar o dedo mindinho e com a mão esquerda deve ser unido ao polegar o dedo indicador.

O fluxograma da Figura 34 reconhece sempre que um dedo está unido ao polegar. Caso nenhum dos dedos esteja unido ao polegar o retorno das verificações individuais aos dedos é falsa e indica ao sistema que nenhuma das armadilhas deve ser ativada. O fluxograma da Figura 56 que distingue qual o dedo que está unido ao polegar e envia o comando para o jogo ativar a armadilha correspondente. Assim, se usando a mão direita tiver o dedo indicador unido ao polegar ou na mão esquerda o dedo mindinho estiver unido ao polegar é retornado o valor 1 que ativa a armadilha do caminho vermelho. Caso na mão direita o dedo médio ou, na mão esquerda o dedo anelar, que esteja

unido ao polegar é retornado o valor 2 e é a armadilha do caminho azul que é ativada. No caso de na mão direita o dedo anelar ou na mão esquerda o dedo médio esteja unido ao polegar é retornado 3 e é ativada a armadilha do caminho verde. Por fim, no caso de na mão direita o dedo mindinho ou na mão esquerda o dedo indicador esteja unido ao polegar, é retornado 4, e é ativada a armadilha do caminho amarelo.

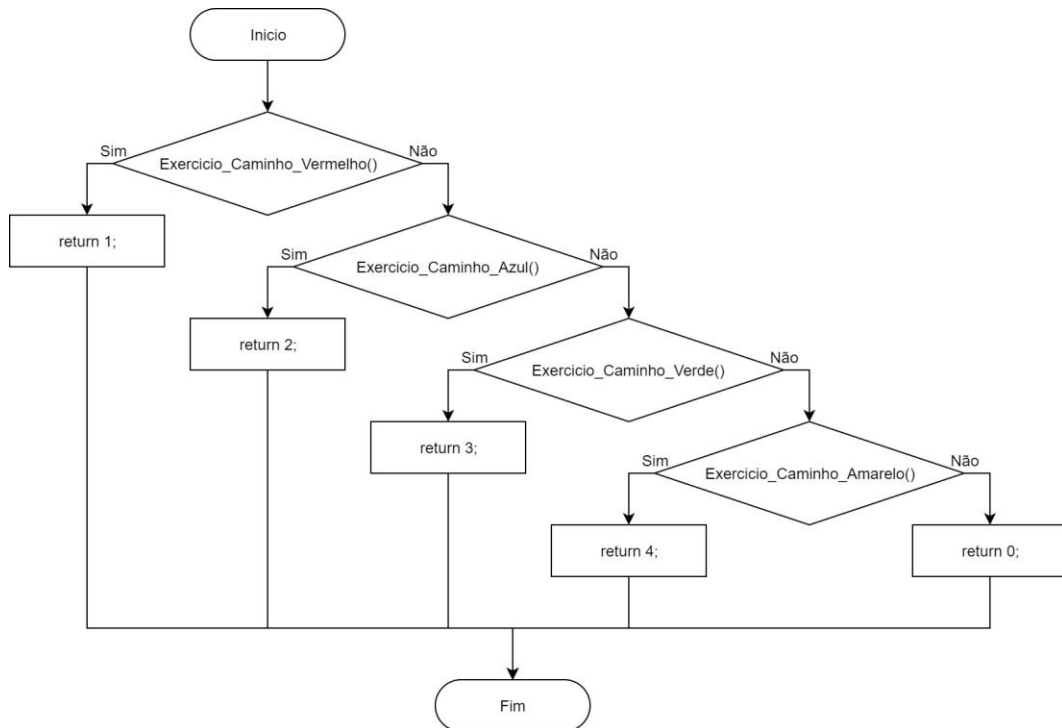


Figura 56 - Fluxograma do processo para a identificação dos comandos do jogo 4.

Para desenvolver este jogo foram criados em *Photoshop* os *Assets* da Figura 57 que contém o rato, que tenta percorrer o ecrã desde o topo até ao fundo sem ser eliminado, e as armadilhas, que estão posicionadas nos quatro caminhos e que são ativadas pelos exercícios de aquecimento dos dedos do jogador, ao ativar as armadilhas elas vão percorrer o caminho no sentido inverso dos ratos de modo a colidir com eles e assim elimina-los.



Figura 57 - Assets do jogo 4.

No desenvolvimento deste jogo, para controlar os objetos de jogo, foram desenvolvidos 7 *scripts*, sendo eles: *RedCollider*, *BlueCollider*, *GreenCollider*, *YellowCollider*, *RatsSpawner*, *Rat* e *RatsScore*.

Os *scripts* *RedCollider*, *BlueCollider*, *GreenCollider*, *YellowCollider* são os responsáveis por ativar as armadilhas dos caminhos vermelho, azul, verde e amarelo, respetivamente. Cada um destes *scripts* verifica se o valor retornado pelo processo do fluxograma da Figura 56 corresponde ao valor que ativa a sua armadilha. Por sua vez o *script* *RatsSpawner* recebe como parâmetro quatro posições, uma referente a cada caminho, onde são originados os ratos que atravessam o terreno. Assim, a cada 2 segundos um rato é originado numa das quatro posições e começa a atravessar o campo. O *script* *Rat* inicia o movimento do rato e verifica se o rato conseguiu atravessar o campo ou destrói o objeto de jogo do rato se este for atingido pela armadilha.

Por fim, o *script* *RatsScore* calcula a pontuação obtida pelo jogador ao longo do jogo. Este calculo é obtido pela Equação 5. Onde a variável “*ratsDead*” representa o número de ratos eliminados pelo jogador e a variável “*ratsNotDead*” representa os ratos que atravessaram o campo sem serem eliminados.

$$ratScore = ratsDead * 10 - ratsNotDead * 20 \quad (5)$$

Uma vez que é através do número de ratos gerados que é determinado qual a mão que o jogador deve usar para ativar as armadilhas e quando o jogo acaba, e visto que este *script* contém duas variáveis que somadas igualam esse valor é neste *script* que também é feita essa gestão. Assim, ao fim de serem originados 16 ratos é criada a instrução que troca a mão que ativa as armadilhas e ao fim de 32 ratos, este *script*, termina o jogo.

5.6.5 Jogo 5 – *Car Run Game*

No *Car Run Game*, Figura 58, o jogador controla um carro e deve evitar os obstáculos presentes na pista de modo a atingir a meta. Para virar o carro para a esquerda o jogador deve executar o exercício de mover aleatoriamente os dedos da mão esquerda, Figura 59.a e para mover o carro para a direita o jogador deve fazer o mesmo exercício, mas desta vez com a mão direita, Figura 59.b.



Figura 58 - Car Run Game.

O exercício de prevenção executado pelo jogador neste jogo é o exercício de aquecimento que consiste em mover aleatoriamente os dedos das mãos, presente na Figura 13 do subcapítulo 3.1.2. A Figura 59 apresenta a execução desse mesmo exercício, mas nesta imagem são mostradas as posições do *tracking points* das mãos detetados pelo modelo das mãos.



Figura 59 - Posicionamento dos *tracking points* da mão para executar o exercício de aquecimento dos dedos. Movimento aleatório dos dedos, das duas mãos.

Assim, a Figura 59 apresenta várias posições, aleatórias das mãos que possibilita a movimentação do carro. O reconhecimento da execução deste exercício é efetuado pelos fluxogramas da Figura 32, onde um fluxograma mostra o processo para guardar a posição dos *tracking points* dos dedos a cada 10 *frames*, e o outro fluxograma verifica se a diferença entre os valores guardados e a nova posição dos dedos está suficientemente diferente. O fluxograma da Figura 60, demonstra o processo realizado pelo sistema para verificar se este exercício está a ser efetuado com a mão direita ou com a mão esquerda. Assim, se este exercício for realizado pela mão direita é retornado o valor 1, e o carro vira para a direita, se for executado pela mão esquerda é retornado o valor 2, e o carro vira para a esquerda. Caso este exercício não esteja a ser exercido por nenhuma das mãos o valor retornado é 0 e o carro permanece a andar para a frente.

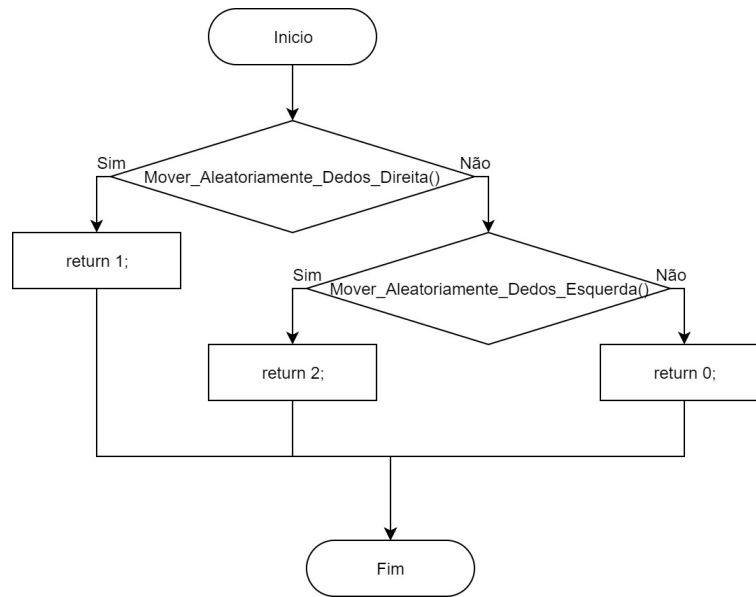


Figura 60 - Fluxograma do processo para a identificação dos comandos do jogo 5

Para desenvolver este jogo foram criadas em *Photoshop* os *Assets* da Figura 61 que contém a estrada com plano de fundo, a meta para sinalizar o final da corrida, tem os diversos obstáculos que são *Assets* dos outros jogos e carro que é controlado pelo jogador através do exercício de aquecimento dos dedos presente neste jogo.



Figura 61 - *Assets* do jogo 5.

No desenvolvimento deste jogo, para controlar os objetos de jogo, foram desenvolvidos 3 *scripts*, sendo eles: *CarMovement*, *RoadMovement*, e *CarRunScore*.

Neste jogo o carro tem de se movimentar no eixo dos x, para se desviar dos obstáculos, e no eixo dos y, para avançar na pista. Para esse efeito foram criados dois *scripts*, onde o *script CarMovement* que recebe o valor retornado do processo do fluxograma da Figura 60 para movimentar o carro no eixo dos x e o *script RoadMovement* é o responsável por fazer o carro avançar ao longo da pista, no entanto, em vez do carro avançar ao longo da pista é a pista que se desloca e todos os obstáculos associados que se deslocam para baixo. Estes *scripts* são também os responsáveis por

verificar se existiu alguma colisão entre o carro e os obstáculos da pista e por verificar se o carro atingiu a meta final.

O *script CarRunScore* calcula a pontuação obtida pelo jogador no decorrer do deste jogo. Assim, a Equação 6 apresenta o cálculo para obter a pontuação de jogo, onde a variável “*shiftPosition*” representa o deslocamento do carro, logo representa também sempre que o jogador executou o exercício de aquecimento suposto neste jogo, Figura 59. A variável “*collisions*” conta o número de colisões do carro com os obstáculos da pista e a variável “*finishLine*” verifica se a meta final foi atingida, para assim dar um bônus de 500 pontos ao jogador.

$$carRunScore = shiftPosition * 2 - collisions * 100 + finishLine * 500 \quad (6)$$

Os *scripts CarMovement, RoadMovement* são os responsáveis por reiniciar o jogo sempre que o carro colidir com obstáculo da pista e por terminar o jogo, caso o número máximo de colisões seja superado (neste caso mais de 3 colisões) ou se o jogador terminar o jogo com sucesso ao atingir a meta final.

5.6.6 Jogo 6 – *Hand Flow Game*

O *Hand Flow Game* é baseado no jogo *Flow Free*. O jogo *Flow Free* foi lançado pela empresa *Big Duck Games* em 2012 (“*Flow Free*,” n.d.), e consiste em conectar as cores correspondentes com um tubo da mesma cor. Cada mapa de jogo tem várias cores e é necessário unir os dois pontos de cada cor de forma a completar o mapa.

No caso do *Hand Flow Game*, Figura 62, o jogador também deve completar o mapa ao unir todos os dois pontos da mesma cor. Neste caso, o mapa está rodado 45 graus, em relação ao original, para que a criação do caminho de cor entre os dois pontos, através da execução dos exercícios de alongamento do pulso faça mais sentido. Assim como no jogo original o jogador pode criar, se possível, caminho em quatro sentidos, no entanto, neste caso os caminhos possíveis estão na diagonal, devido à rotação de 45 graus do mapa. Assim, com a execução de cada um dos exercícios de alongamento do pulso é possível criar caminho no mapa numa direção diferente.

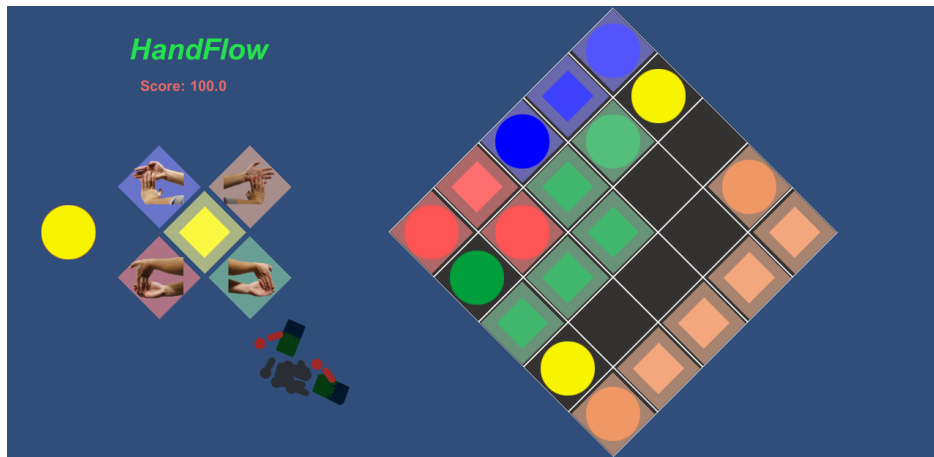


Figura 62 - Hand Flow Game.

Os exercícios presentes neste jogo são os exercícios de alongamento do pulso presente na Figura 6 do subcapítulo 3.1.1. A Figura 63 mostra a execução destes mesmos exercícios, mas são mostrados a posição dos *tracking points* da mão detetados a partir do modelo das mãos.

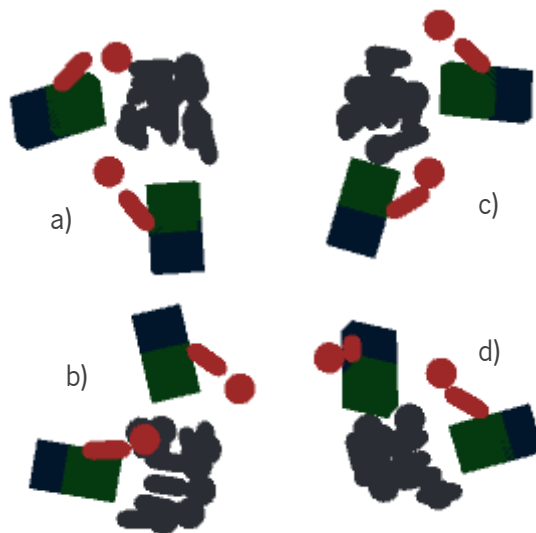


Figura 63 - Posicionamento dos tracking points da mão para executar o exercício de alongamento do pulso.

A Figura 63 apresenta os quatro exercícios para criar o caminho que vai unir as duas bolas da mesma cor. Assim, se o jogador quiser criar caminho na diagonal direita para cima deve colocar a mão direita voltada para cima e alongar o pulso direito com a ajuda da mão esquerda, Figura 63.a. Caso o jogador queira ir para a posição na diagonal direita para baixo, a mão direita deve ser voltada para baixo, com a palma da mão virada para a câmara, e com a ajuda da mão esquerda alongar, Figura 63.b. No caso do jogador querer criar caminho na diagonal esquerda para cima deve colocar a mão esquerda voltada para cima e alongar o pulso esquerdo com a ajuda da mão direita, Figura 63.c. Caso o jogador queira ir para a posição na diagonal esquerda para baixo, a mão esquerda deve ser voltada

para baixo, com a palma da mão virada para a câmara, e com a ajuda da mão direita alongar, Figura 63.d.

Os fluxogramas da Figura 35 e Figura 36 demonstram os processos para a detecção dos exercícios de alongamento da mão direita para cima e mão esquerda para baixo, respetivamente. Assim, os processos do fluxograma da Figura 64 em conjunto com os processos dos fluxogramas da Figura 35 e Figura 36 consegue identificar qual o exercício de alongamento do pulso está a ser executado pelo jogador. Assim, se o pulso da mão direita for alongado para cima é retornado o valor 1 e no jogo será criado, se possível, caminho na diagonal direita para cima. No caso de ser executado o exercício de alongar o pulso da mão direita para baixo é retornado o valor 3 e será criado, se possível, caminho na diagonal direta para baixo. Se o pulso da mão esquerda for alongado para cima é retornado o valor 2 e no jogo será criado, caminho na diagonal esquerda para cima. Finalmente, no caso de ser executado o exercício de alongar o pulso da mão esquerda para baixo é retornado o valor 4 e se possível, será criado caminho na diagonal esquerda para baixo. Caso nenhum dos exercícios de alongamento do pulso esteja a ser executado é retornado 0 e não será criado caminho em direção nenhuma.

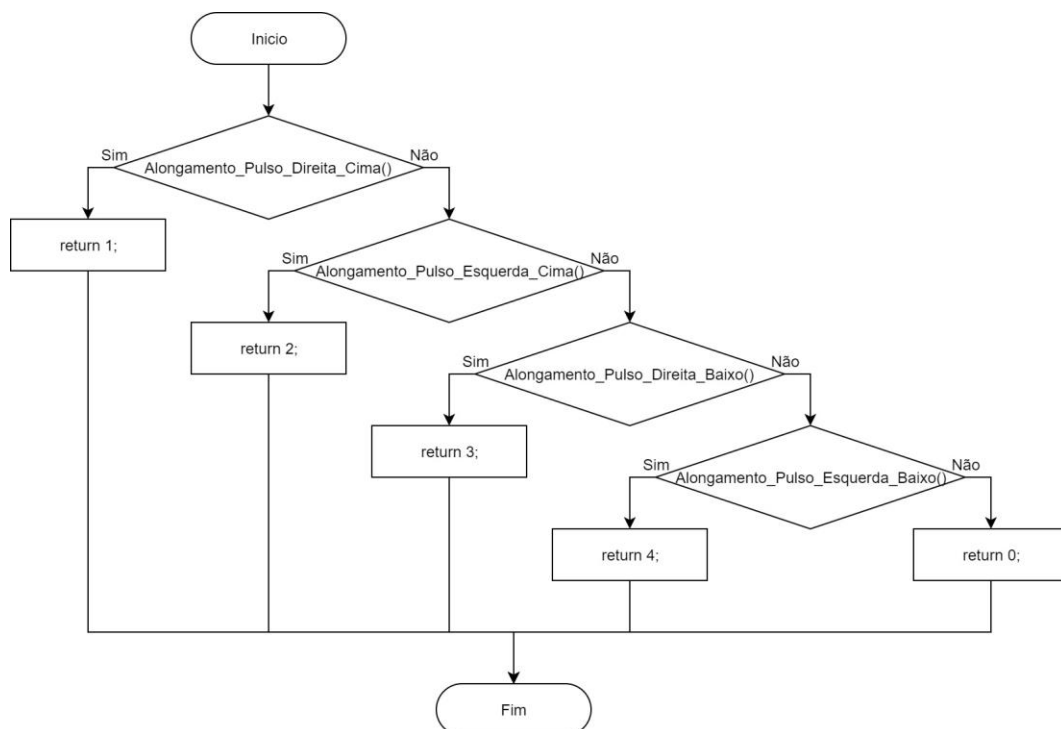


Figura 64 - Fluxograma do processo para a identificação dos comandos do jogo 6

Para desenvolver este jogo foram criados em *Photoshop* os *Assets* da Figura 65 o mapa onde são posicionadas as cores que depois devem ser unidas e os três componentes das cinco cores: vermelho, azul, verde, amarelo, cor de laranja, que são as bolas que representam no mapa o início e o

fim de cada linha de cor, o quadrado mais pequeno e escuro, que representa a linha que vai unir as duas bolas da sua cor, e os quadrados maiores e mais claros para efeitos visuais e indicar qual a bola que foi escolhida para iniciar o caminho.

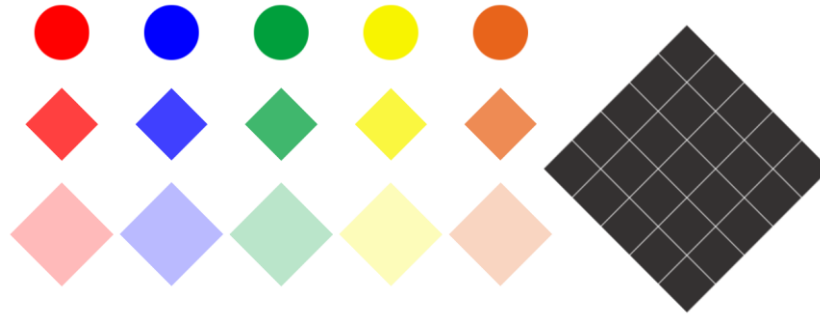


Figura 65 - Assets do jogo 6.

No desenvolvimento deste jogo, para controlar os objetos de jogo, foram desenvolvidos 4 *scripts*, sendo eles: *BoardSpawner*, *BoardPosition*, *HandFlowScore* e *EndHandsFlowLevel*.

O *script BoardSpawner* recebe como parâmetro os três diferentes objetos de jogo correspondentes a cada cor e vários objetos de jogo só com o *script BoardPosition* associado, cada um deles posicionado no centro de cada uma das posições do tabuleiro. Após obter estes dados este *script* vai associar todos os objetos de jogo com o *script BoardPosition* de forma a criar o tabuleiro de jogo. Depois vai escolher um dos mapas de jogo de forma a obter as posições para colocar todas as bolas de cor no tabuleiro. E finalmente, escolher a primeira posição para o jogador começar a jogar o jogo.

Existe um *script BoardPosition* associado a cada posição do mapa que é o responsável por conter as informações sobre cada uma destas posições. As informações contidas neste *script* são a indicar que objetos de jogo que estão associados ou se a posição se encontra vazia. É através deste *script* que os objetos de jogo são associados e eliminados da sua posição, sempre que necessário.

O *script BoardSpawner* recebe os valores de retorno do fluxograma da Figura 64 para criar a linha na direção desejada pelo jogador. Então de seguida, através deste *script* é verificado se o comando de jogo executado pelo jogador é válido para criar a próxima posição da linha. Uma vez que o comando de jogo do jogador pode estar a tentar criar linha para fora do tabuleiro ou para uma posição onde esteja colocada uma bola de cor, no entanto, as bolas de cor não podem ser sobrepostas pelas linhas de cor, logo é um movimento impossível. O *script* também verifica se a próxima posição já está ocupada por outra linha de cor, se estiver manda apagar a cor dessa posição para poder ocupar a posição com a nova linha de cor. E de seguida manda apagar toda a restante linha da cor sobreposta para que possa voltar a ser desenhada.

Uma linha está completa sempre que alcança a próxima bola da mesma cor, assim sempre que o jogador completar uma linha é escolhida outra bola de cor para começar uma nova linha. Este processo está sempre em *loop* enquanto existirem bolas de cor sem linha completa. Assim, que o jogador acabar de completar a última linha de cor é indicado que o mapa está completo e o jogo termina.

O *script HandFlowScore* calcula a pontuação obtida pelo jogador no decorrer do deste jogo. Assim, a Equação 7 apresenta o cálculo para obter a pontuação de jogo, onde a variável “*moves*” representa sempre que foi criado caminho em qualquer direção por qualquer linha de cor. A variável “*erasedLines*” é o valor de linhas apagadas no decorrer do jogo e a variável “*finalBonos*” contém o valor de bonos por terminar o mapa que é igual a 1000 menos 30 vezes o número de linhas apagadas no decorrer do jogo.

$$\text{handFlowScore} = \text{moves} * 10 - \text{erasedLines} * 30 + \text{finalBonos} \quad (7)$$

O *script EndHandsFlowLevel* termina o este jogo e comanda o início do jogo *Shooting Game* assim que recebe a instrução do *script BoardSpawner* a indicar que o mapa se encontra concluído.

5.6.7 Jogo 7 – *Shooting Game*

No *Shooting Game*, Figura 66, o jogador controla uma Besta e através dos exercícios de alongamento dos dedos, presente na Figura 67 consegue fazer a mira aos alvos que estão a passar de um lado para o outro no ecrã. Em cada canto do ecrã está posicionada uma ajuda para o jogador saber qual o exercício que deve executar fazer a mira com a besta ao animal que iniciou o seu movimento no respetivo canto do ecrã.

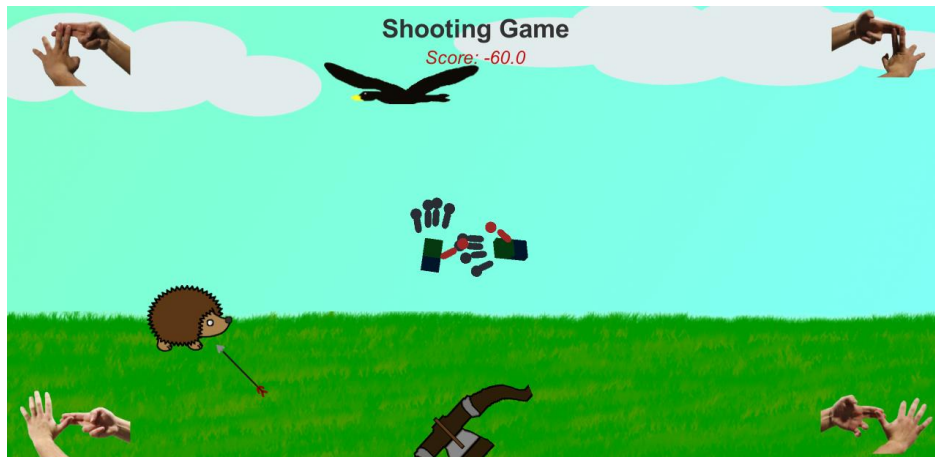


Figura 66 - Shooting Game.

O exercício de prevenção executado pelo jogador neste jogo é o exercício de alongamento dos dedos presente na Figura 7 do subcapítulo 3.1.1. A Figura 67 apresenta a execução desse mesmo exercício, mas nesta imagem são mostradas as posições do *tracking points* das mãos detetados pelo modelo das mãos.

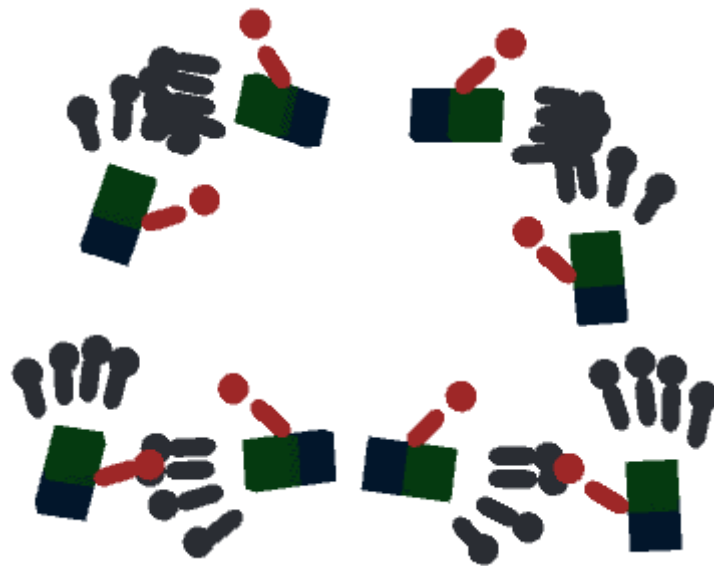


Figura 67 - Posicionamento dos tracking points da mão para executar o exercício de alongamento dos dedos médio, indicador e polegar.

A Figura 67 demonstra os exercícios de alongamento para os dedos a serem realizados neste jogo. O reconhecimento destes exercícios é efetuado pelos processos dos fluxogramas da Figura 37 e Figura 38, onde o fluxograma da Figura 37 demonstra o processo para detetar o exercício de aquecimento do dedo médio e do indicador e a Figura 38 mostra o processo para detetar o exercício de alongamento do polegar. Por sua vez, o fluxograma da Figura 68 demonstra como o sistema reconhece estes exercícios como comandos. Assim, quando é alongado os dedos médio e indicador da

mão direita é retornado o valor 1 e a Besta é apontada à ave de cor preta, caso sejam alongados estes dois dedos, mas da mão esquerda o valor retornado será 2 e a besta irá apontar à ave de cor castanha. Para apontar a besta aos animais terrestres, ou seja, aos ouriços-cacheiros o jogador deve alongar os polegares. Assim, no caso de ser alongado o polegar da mão direita é retornado o valor 3 e a Besta irá apontar para o ouriço-cacheiro de cor cinzenta e caso seja alongado o polegar da mão esquerda o valor retornado é 4 e a arma vai apontar ao ouriço-cacheiro de cor castanha. A seta é disparada após o exercício de alongamento ser executado durante dois segundos.

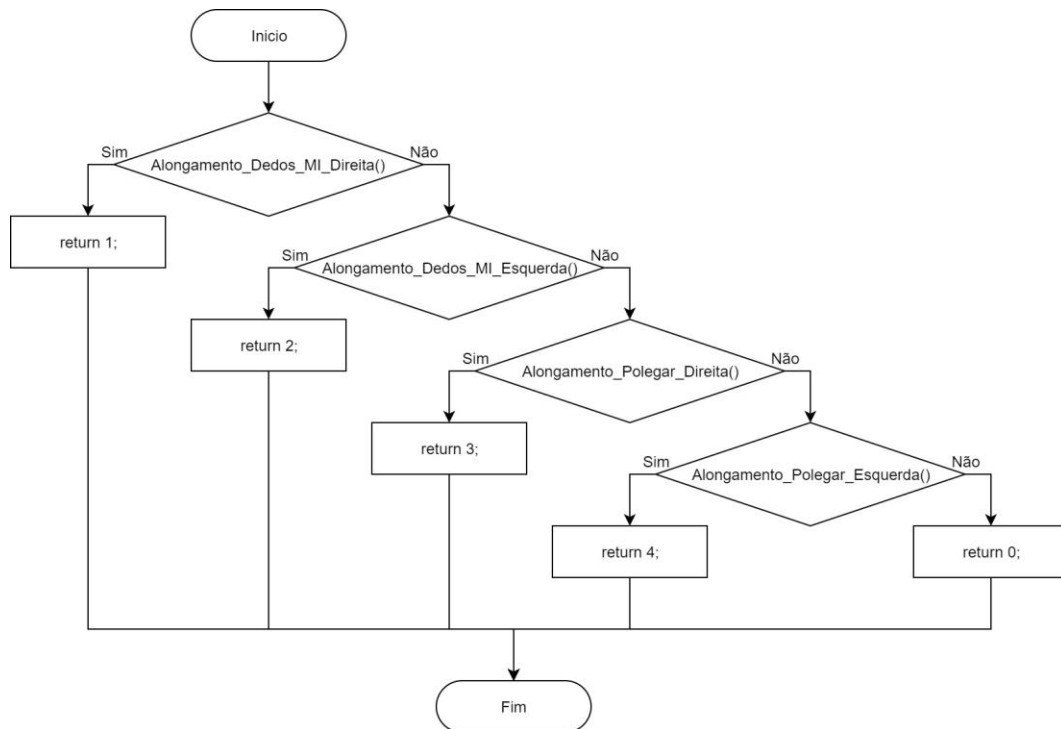


Figura 68 - Fluxograma do processo para a identificação dos comandos do jogo 7.

Para desenvolver este jogo foram criadas em *Photoshop* os *Assets* da Figura 69 a Besta que é controlada pelo jogador através dos exercícios de alongamento dos dedos, a seta que é disparada pela besta contra os animais.

Animais, que se dividem em dois grupos: os animais terrestres, representados por dois ouriços-cacheiros onde o ouriço-cacheiro cinzento move-se do lado direito para o lado esquerdo do ecrã e o ouriço-cacheiro castanho que se move do lado esquerdo para o lado direito do ecrã, e pelos animais aéreos, que são representados por duas aves, onde a ave preta voa do lado direito para o lado esquerdo do ecrã e a ave castanha voa do lado esquerdo para o lado direito do ecrã.

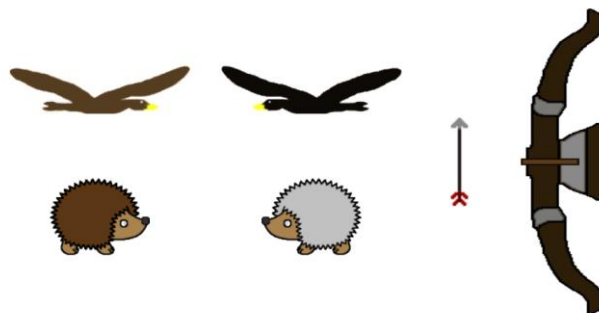


Figura 69 - Assets do jogo 7.

No desenvolvimento deste jogo, para controlar os objetos de jogo, foram desenvolvidos 8 *scripts*, sendo eles: *AnimalsSpawner*, *AnimalLeft*, *AnimalRight*, *BirdLeft*, *BirdRight*, *Crossbow*, *Arrow* e *ShootinGameScore*.

O *script AnimalsSpawner* recebe como parâmetro quatro posições, duas aéreas e duas terrestres, onde são originados os animais que cruzam o terreno. Assim, a cada 5 segundos um animal é originado numa das quatro posições e começa a atravessar o terreno. Os *scripts AnimalLeft*, *AnimalRight*, *BirdLeft* e *BirdRight* são responsáveis por iniciar o movimento do seu animal, por verificar se o seu animal foi atingido pela seta disparada pela besta ou se conseguiu alcançar o outro lado do terreno sem ser atingido.

O *script Crossbow* recebe o valor de comando, executado pelo jogador, retornado pelo fluxograma da Figura 68 e se o animal correspondente a este comando estiver a atravessar o terreno a besta é-lhe direcionada e acompanha o seu movimento. Ao fim de receber o mesmo comando mais de 60 vezes é enviado para o *script Arrow* a instrução para libertar a seta. O *script Arrow* calcula a trajetória para a seta atingir o animal e destrói o objeto de jogo da seta após esta colisão. Caso o animal correspondente ao comando não exista a besta fica imóvel.

Por fim, o *script ShootinGameScore* calcula a pontuação obtida pelo jogador ao longo do jogo. Este calculo é obtido pela Equação 8. Onde a variável "*animalsDead*" representa o número de animais eliminados pelo jogador e a variável "*animalsNotDead*" representa os animais que atravessaram o campo sem serem eliminados.

$$shootingScore = animalsDead * 10 - animalsNotDead * 20 \quad (8)$$

Uma vez que o fim de jogo é determinado pelo número de animais gerados e visto que este *script* contém as duas variáveis que somadas igualam esse valor é o *script* responsável por terminar o jogo. Assim, ao fim de serem originados 16 animais o jogo termina e é carregada a *Final Scene*.

5.6.8 Final Scene

Por fim, após concluir todos os jogos e antes de terminar o programa é exibida a *Final Scene*, Figura 70, onde são exibidas as pontuações obtidas pelo jogador ao longo dos jogos e também a pontuação total calculada através da soma das pontuações individuais em cada jogo. Para dar uma pontuação final ao desempenho do jogador no decorrer da atividade.

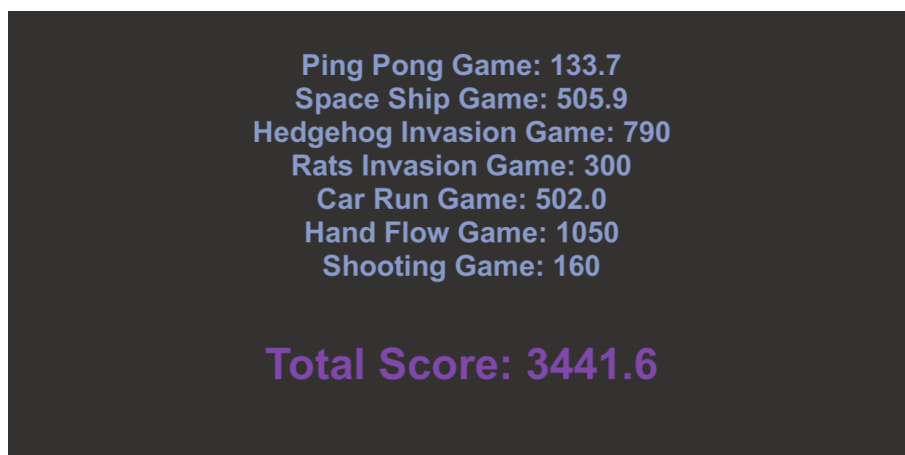


Figura 70 - Final Scene. Pontuação final obtida.

Esta *scene* contém simplesmente dois duas componentes do tipo *text*, uma responsável por mostrar os nomes dos jogos e a pontuação obtida em cada um deles, e o outro responsável por mostrar a pontuação total obtida pelo jogador. Para calcular tal pontuação foi desenvolvido um *script* chamado *FinalScoreText* que recebe e soma as pontuações guardadas no *script* *TotalScore*.

6. TESTES E VALIDAÇÃO DO SISTEMA

Neste capítulo são abordados e discutidos os testes realizados em laboratório e por vários utilizadores, assim como os questionários que responderam e as sugestões/observações que fizeram, de forma a obter as suas reações quanto à sua experiência com o sistema.

6.1 Testes de desenvolvimento em laboratório

Este subcapítulo apresenta os testes realizados em laboratório, executados ao longo do desenvolvimento do sistema de modo a validar o seu funcionamento e os testes realizados por vários utilizadores.

Através das respostas aos questionários validar a facilidade de uso do sistema, uma vez que a utilidade percebida não pode ser avaliada, pois os utilizadores que testaram o sistema só o utilizaram uma vez, e precisariam de utilizar o sistema durante algum tempo antes de poderem realmente notar diferenças ao nível físico, para assim, avaliar corretamente o sistema quanto à usabilidade percebida.

Durante o desenvolvimento do sistema foi testada a deteção dos vários exercícios de aquecimento e de alongamento. Como alguns destes exercícios têm execução semelhante foram separados por diferentes jogos, e assim, impedir que o jogador ao executar um exercício o sistema reconheça outro. Um exemplo deste caso está nos exercícios de alongamento, onde o exercício para alongar os pulsos para cima e o exercício de alongamento dos dedos é bastante semelhante. Do mesmo modo, alguns dos exercícios de aquecimento não devem ser usados no mesmo jogo dos exercícios de alongamento, pois para iniciar a execução dos exercícios de alongamento as mãos são apresentadas para a câmara da mesma maneira dos exercícios de aquecimento do pulso de movimentos verticais e horizontais.

No jogo *SpaceShipGame* o exercício que fazia a nave disparar os mísseis era o exercício de aquecimento de esticar e fletir os dedos. No entanto, para realizar este exercício, de modo a ser reconhecido pelo sistema, o jogador teria de o executar lentamente, e como este jogo é mais dinâmico a lentidão do movimento fazia a nave colidir com os meteoritos, além disso quando o exercício era detetado este fazia a nave disparar rajadas de tiros, e tal não era pretendido. Então o exercício que dava o comando de disparo da nave foi alterado para o exercício de aquecimento de movimentar aleatoriamente os dedos.

Quando se posiciona a mão esta deve estar virada para cima com a palma voltada para a câmara. Assim, deste modo a câmara consegue detetar a mão correta. Caso a mão seja apresentada com as costas da mão voltada para a câmara ou virada para baixo é bastante provável que os módulos da Intel considerem que a mão apresentada à câmara é a mão contrária à que foi realmente apresentada. Assim antes de executar qualquer movimento, a mão, ou as mãos no caso dos exercícios de alongamento devem ser colocadas voltadas para cima com a palma virada para a câmara de modo a que o sistema reconheça corretamente as mãos e só depois disso é que o movimento, ou seja, os exercícios, devem ser executados.

6.2 Testes de usabilidade

Este subcapítulo apresenta a análise aos resultados obtidos nos questionários. Estes questionários foram submetidos a todos os 24 utilizadores que testaram o sistema. A gama de idades dos utilizadores que testaram o sistema está compreendida entre os 16 e 47, onde a maioria deles se encontra entre os 20 e 25 anos. Na primeira parte cada jogo foi avaliado pelos utilizadores que testaram os jogos, respondendo a três questões. A segunda parte consiste em avaliar o sistema em geral através do questionário SUS, abordado no subcapítulo 3.3.

Para avaliar as perguntas da primeira parte do questionário, as avaliações vão de 1 a 5 e correspondem a 1. Muito mau, 2. Mau, 3. Satisfatório, 4. Bom e 5. Muito Bom. As Figura 71, Figura 72, Figura 73, Figura 74, Figura 75, Figura 76 e Figura 77 apresentam, respetivamente, a avaliação obtida para cada jogo em termos das três questões formuladas Q1, Q2 e Q3:

Q1. Como classifica o jogo em geral?

Q2. Como classifica a resposta do sistema aos exercícios efetuados?

Q3. Como classifica a qualidade de deteção dos exercícios?

Assim, na Figura 71, Figura 72, Figura 73, Figura 74, Figura 75, Figura 76 e Figura 77 no eixo dos x estão presentes as três questões e possíveis avaliações (1 a 5) e o eixo dos y mostra o número de vezes que cada avaliação foi escolhida em cada pergunta.

Assim, a Figura 71, mostra as respostas a estas perguntas. Em relação ao *PingPong Game*, na primeira questão, que pede para avaliar o jogo em geral, todas as avaliações estão contidas nas três opções mais altas, onde o maior número de respostas avalia este jogo com uma avaliação “Bom”, que corresponde à opção 4. A média de respostas a esta pergunta é de 4.13, e assim é considerado que este jogo, em geral, foi bem conseguido.

Na segunda questão é avaliada a resposta do sistema quanto aos exercícios efetuados. Nesta questão, as respostas já estão mais dispersas, no entanto a avaliação predominante continua a ser a opção 4 e a média de respostas é de 3.96. Quanto à questão número três, que avalia a qualidade de deteção dos exercícios por parte do sistema, tanto a resposta mais escolhida como a média de respostas corresponde à opção 4 de avaliação.

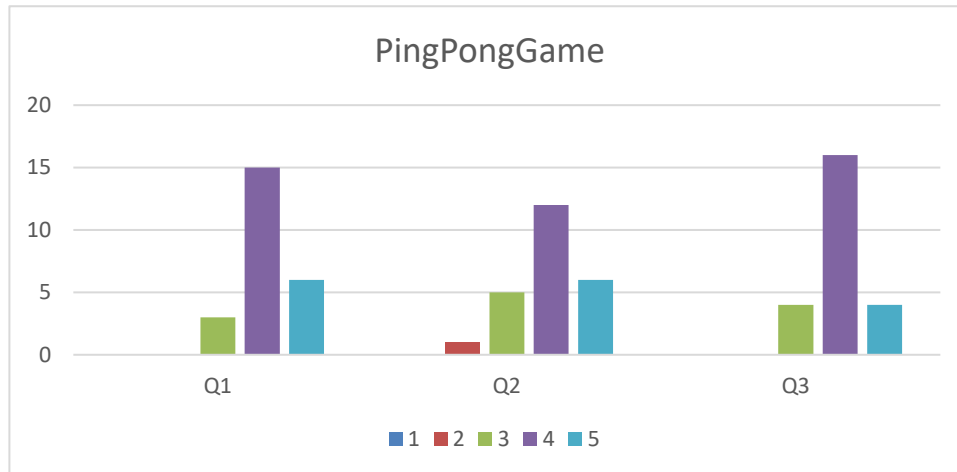


Figura 71 - Respostas do questionário respetivas ao PingPong Game.

Com estas questões é possível verificar que em geral o jogo está bem conseguido a todos os níveis. No entanto, ao longo deste jogo, foi verificado que por vezes, os utilizadores moviam o braço para cima e para baixo de forma a tentar mover as barras em vez de executar os movimentos supostos. Isto fazia com que a mão dos jogadores saísse do campo de visão da câmara. Então, por vezes, quando os jogadores não tinham a mão dentro do campo de visão da câmara e queriam mover as barras para baixo ao voltar a posicionar a mão em frente à câmara já a apresentavam a mão virada para baixo; isto fazia com que o sistema considerasse que a mão apresentada à câmara fosse a contrária à que realmente foi apresentada, o que obrigava o jogador a retirar a mão do campo de visão da câmara e voltar a posioná-la para que o sistema considerasse que a mão apresentada à câmara foi a apresentada. Outra situação, foi executar o exercício que movia as barras para baixo, onde os jogadores não executavam o exercício corretamente, e em vez de dobrar o pulso dobravam os dedos para baixo, como resultado as barras não se moviam. Devido a todas estas situações, por vezes os jogadores não conseguiam mover as barras para onde queriam, o que possivelmente desfavoreceu as classificações à segunda e terceira questão referentes a este jogo.

A Figura 72, mostra as respostas às questões Q1, Q2 e Q3 em relação ao *SpaceShip Game*. A primeira questão, que pede para avaliar o jogo em geral e a avaliação mais escolhida foi a avaliação 4, e a média de respostas foi de 3.75, e assim é considerado que este jogo, no geral foi satisfatório.

Na segunda questão é avaliada a resposta do sistema quanto aos exercícios efetuados e a avaliação predominante continua a ser a opção 4 com uma média de respostas de 3.63. Quanto à questão número três, que avalia a qualidade de detecção dos exercícios por parte do sistema a resposta mais escolhida foi a avaliação 4 e a média de respostas corresponde a 3.88.

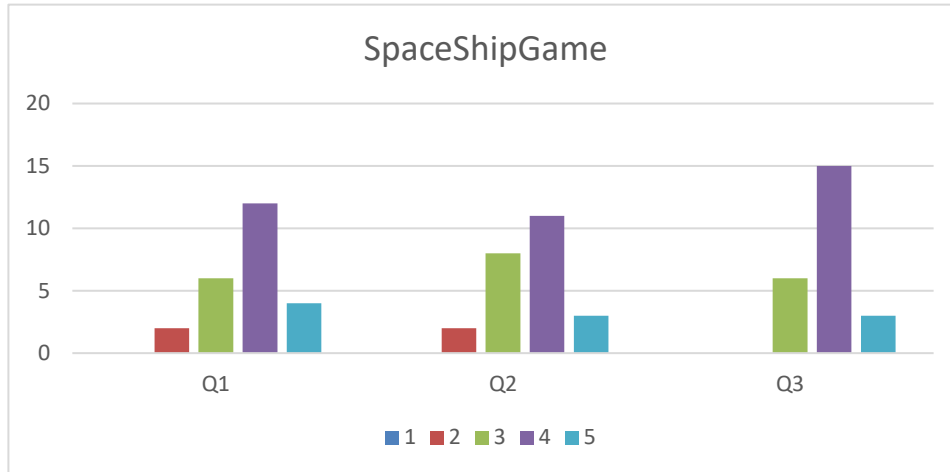


Figura 72 - Respostas do questionário respetivas ao SpaceShip Game.

Neste jogo, os jogadores mais uma vez, em vez de executarem os movimentos supostos, que consistia em virar o pulso para a esquerda ou para a direita, de forma a movimentar a nave horizontalmente, moviam o braço de um lado para o outro, o que resultava no não movimento da nave. Existiam dois conjuntos de exercícios possíveis a executar neste jogo, o de mover os dedos aleatoriamente para disparar os mísseis da nave e o de virar o pulso para a esquerda ou para a direita, de forma a movimentar a nave de um lado para o outro. O que aconteceu foi que os jogadores só queriam disparar e esqueciam-se de desviar a nave dos meteoritos. Como tal, a nave era destruída muitas vezes o que fez os jogadores considerarem que este jogo era difícil de jogar.

A Figura 73, mostra as respostas às questões Q1, Q2 e Q3 em relação ao *HedgehogInvasion Game*. A primeira questão, que pede para avaliar o jogo em geral e obteve como avaliação mais escolhida a avaliação 5 que corresponde a “Muito Bom”, obtendo uma média de respostas de 4.25, a segunda avaliação mais alta a nível geral da sequência de jogos.

Na segunda questão que avalia a resposta do sistema quanto aos exercícios efetuados obtém como avaliação predominante a opção 4 com uma media de respostas de 3.83. Quanto à questão número três, que avalia a qualidade de detecção dos exercícios por parte do sistema a resposta mais escolhida foi a avaliação 4 e a média de respostas corresponde a 3.63. Através destes resultados pode ser analisado que apesar da detecção dos movimentos não ser a melhor, os jogadores que testaram o sistema gostaram deste jogo em geral.

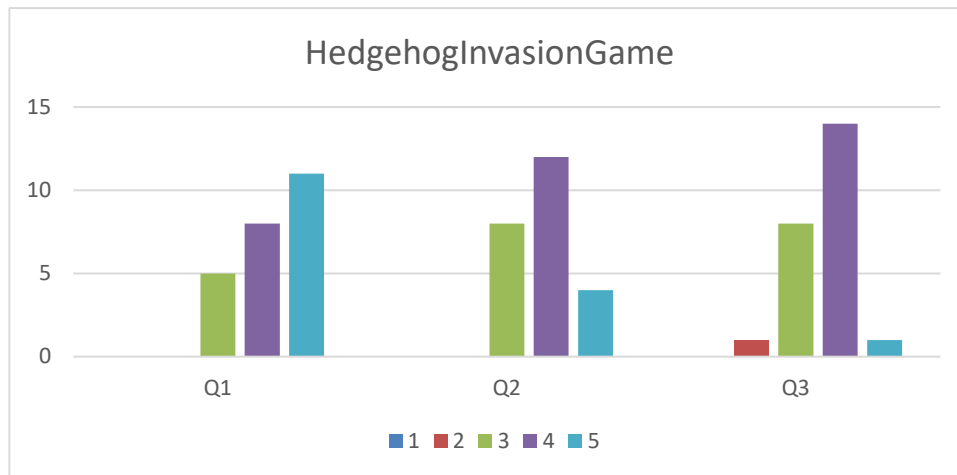


Figura 73 - Respostas do questionário respetivas ao HedgehogInvasion Game.

Este jogo consiste em lançar ouriços-cacheiros das catapultas e para içar as catapultas era necessário executar movimentos de rotativos com o pulso. Para este movimento ser reconhecido tem de ser executado lentamente e de forma realmente expressiva, isto é, têm de ser detetados todos os 4 pontos de referência configurados, que inclui voltar o pulso para baixo. Ponto de referência esse que os jogadores falhavam ao executar o exercício, conseqüentemente não conseguiam içar a catapulta.

Após içar a catapulta era necessário lançar o ouriço-cacheiro, para tal, era necessário executar o exercício de esticar e fletir os dedos, exercício esse que os jogadores demonstraram grande dificuldade a realizar, em pelo menos uma das mãos. O que certamente fez baixar as classificações às questões 2 e 3.

A Figura 74 mostra as respostas à primeira parte do questionário para o jogo *RatsInvasion Game*, onde todas as questões receberam uma classificação de 5 como avaliação mais escolhida. Obtendo como média de avaliação 4.67, 4.58 e 4.63 às questões Q1, Q2 e Q3, respetivamente. Estes valores fazem do jogo o melhor classificado tanto a nível geral, como ao nível da deteção e resposta do sistema aos exercícios.

Este jogo consiste em matar os ratos que seguem por quatro caminhos diferentes, então para os eliminar era necessário unir ao polegar o dedo correspondente ao caminho que o rato seguia. Apesar de por vezes o jogador por a mão em frente ao caminho onde vinha o rato, fazia-o ao mesmo tempo que executava o movimento suposto para ativar a armadilha daquele caminho. Assim em geral, os utilizadores que testaram o sistema conseguiram executar os comandos de jogo com destreza, o que contribuiu para a boa avaliação atribuída ao jogo.

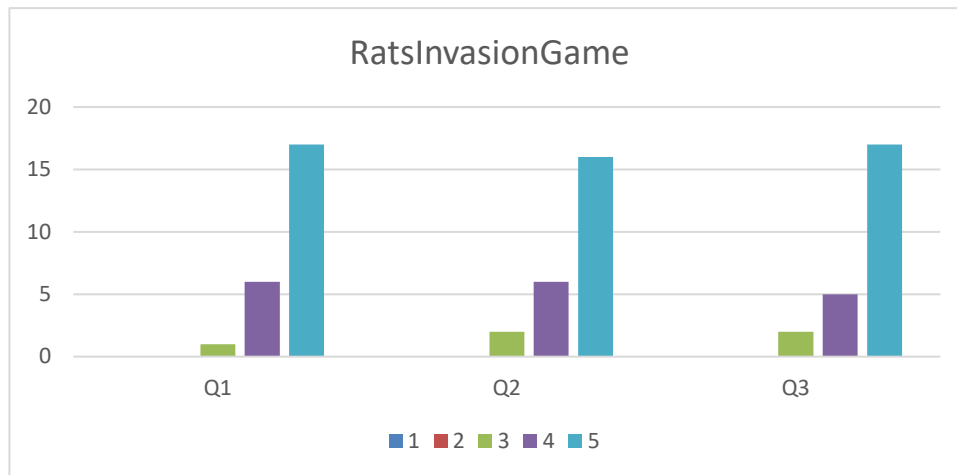


Figura 74 - Respostas do questionário respetivas ao RatsInvasion Game.

A Figura 75, mostra as respostas às questões Q1, Q2 e Q3 em relação ao *CarRun Game*. A primeira questão, que pede para avaliar o jogo em geral, embora com opiniões bastante dispersas, obteve como avaliação mais escolhida a avaliação 4, obtendo uma média de respostas de 3.75.

Na segunda questão que avalia a resposta do sistema quanto aos exercícios efetuados obtém, embora, mais uma vez com opiniões bastante dispersas, como avaliação predominante a opção 4 com uma média de avaliação de 3.92. Quanto à questão número três, que avalia a qualidade de deteção dos exercícios por parte do sistema a resposta mais escolhida foi a avaliação 5 e a média de respostas corresponde a 4.21.

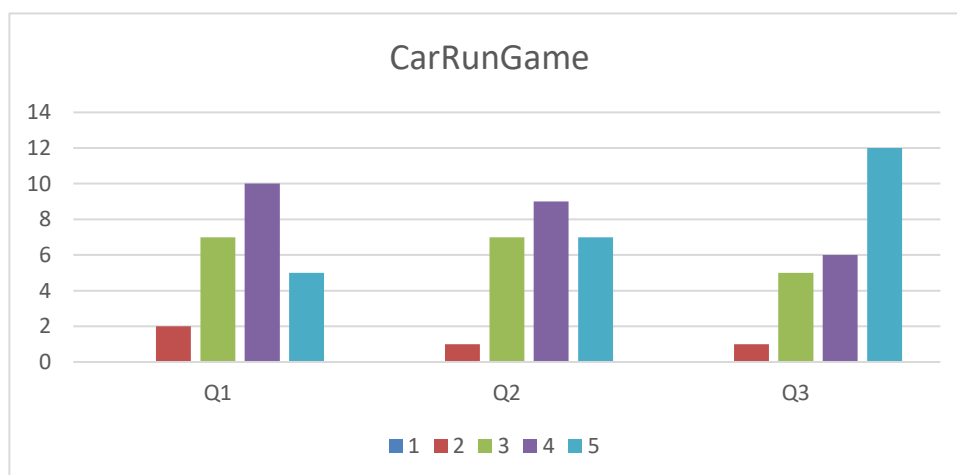


Figura 75 - Respostas do questionário respetivas ao CarRun Game.

Este jogo consiste em mover o carro de um lado para o outro, da estrada, de modo a evitar a colisão com os obstáculos. Para realizar tal movimento os jogadores devem mover aleatoriamente os dedos das mãos, onde a mão que realiza este exercício indica qual o lado para onde o carro vira.

Apesar das avaliações ao jogo demonstrarem que os jogadores consideram que o sistema deteta bem os exercícios que devem ser executados neste jogo, os resultados das duas primeiras

questões demonstram uma grande discórdia nas avaliações do jogo, pois a diferença do número de respostas entre os vários níveis de avaliação é bastante pequeno. Esta discordância acontece, pois alguns dos jogadores que testaram o jogo não conseguiram progredir devidamente no jogo ao invés de outros que quase conseguiram chegar à meta.

Os motivos para tal acontecimento surgem porque o jogo começava muito rapidamente e os jogadores ainda não sabiam quais os movimentos que deviam executar para mover o carro e porque, mais uma vez, os jogadores moviam o braço de um lado para o outro de modo a tentar mover o carro em vez de realizar o movimento suposto. Isto fazia o carro colidir sempre com algum obstáculo, quando os jogadores finalmente percebiam o modo de jogabilidade do jogo, já tinham colidido com o carro demasiadas vezes e o sistema avançava para o próximo jogo.

A Figura 76, mostra as respostas às questões Q1, Q2 e Q3 em relação ao jogo *HandFlow Game*. A primeira questão, que pede para avaliar o jogo em geral, obteve como avaliação mais escolhida a classificação 4, obtendo uma media de respostas de 3.96.

Na segunda questão que avalia a resposta do sistema quanto aos exercícios efetuados obtém, como avaliação predominante a opção 4 e com uma média de avaliação de 3.75. Quanto à questão número três, que avalia a qualidade de deteção dos exercícios por parte do sistema a resposta mais escolhida foi a avaliação 3, que corresponde a “Satisfatório” e a media de respostas foi de 3.41.

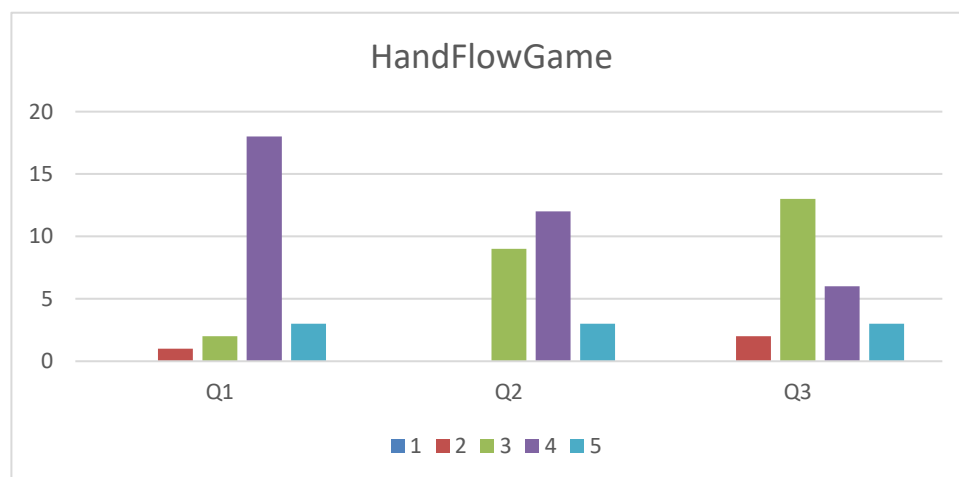


Figura 76 - Respostas do questionário respetivas ao HandFlow Game.

Este jogo consiste em ligar todos os pontos da mesma cor do tabuleiro. Então para criar a linha que une esses pontos é necessário executar os exercícios de alongamento do pulso. Apesar de, em geral, os jogadores terem gostado deste jogo mostraram algum desconforto quanto à execução dos movimentos. O que pode ser justificado, pois um dos requisitos/sugestão para a utilização da câmara usada neste sistema era a não sobreposição das mãos, e principalmente não sobrepor e ao mesmo tempo tocar com uma mão na outra, então era de esperar que o reconhecimento dos exercícios neste

jogo fosse mais complicado. A concretização deste jogo foi geralmente a mais lenta devido à errada leitura dos exercícios por parte do sistema, mas também porque os jogadores ainda se tiveram de adaptar aos comandos para criar a linha, pelo caminho correto, de forma a ligar os dois pontos da mesma cor.

No entanto ainda houve avaliações com a classificação 5, pois houve jogadores que conseguiram executar os exercícios de alongamento de forma a que o sistema os conseguisse reconhecer facilmente.

A Figura 77, mostra as respostas às questões Q1, Q2 e Q3 em relação ao jogo *ShootingGame*. A primeira questão, que pede para avaliar o jogo em geral e obteve como classificação mais escolhida a avaliação 4, obtendo uma média de respostas de 3.88.

A segunda questão que avalia a resposta do sistema quanto aos exercícios efetuados obtém como o maior número de avaliações a opção 4, embora pouco distante para o número de avaliações com a classificação 3. Obtendo assim uma média de avaliação de 3.67. Quanto à questão número três, que avalia a qualidade de deteção dos exercícios por parte do sistema a resposta mais escolhida foi a classificação 3 e a média de respostas foi de 3.50.

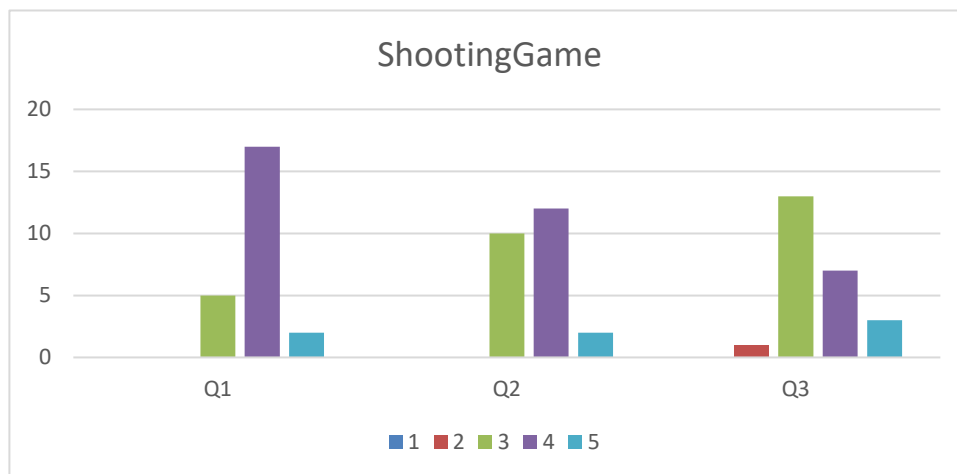


Figura 77 - Respostas do questionário respetivas ao Shooting Game.

Neste jogo os exercícios de alongamento são bastante parecidos com o jogo anterior, logo o problema da sobreposição das mãos mantém-se, daí a média de respostas às questões 2 e 3 ser bastante próxima. Este jogo consiste em atirar setas de modo a eliminar os animais que estão a passar no terreno. Então, o jogador tem de executar o exercício do jogo respetivo para cada animal até a seta ser lançada, no entanto os jogadores muitas vezes paravam de executar o exercício mesmo antes da seta ser lançada, pois pensavam que ao parar de fazer o exercício a seta era disparada. O que pode justificar a pequena diferença entre o número de classificações de 3 e 4.

Os resultados do questionário SUS, presentes na Figura 78, foram calculados a partir da regra do cálculo da pontuação, que consiste em obter a resposta das afirmações de número ímpar e subtrair 1 valor, nas afirmações de número par é subtraído a 5 valores o valor da resposta. Depois de realizar estes cálculos devidamente em cada pergunta, são somados todos os valores resultantes, e no fim, esse valor é multiplicados por 2.5 que resulta numa pontuação final, (Brooke, 1986).

Na Figura 78 no eixo dos x apresenta os intervalos de pontuações do questionário e o eixo dos y mostra o número de vezes que existem uma pontuação nesse intervalo de pontuação. Todas as pontuações do questionário estão contidas entre os 40 e os 90 pontos, com o maior número de questionários a obter uma pontuação no intervalo dos 70 a 80 pontos. A média das pontuações do questionário SUS para este sistema aponta para os 67.6 pontos. Considerando que o valor médio de pontuação obtida nos questionários SUS é de 68, (Affairs, 2013), o sistema ficou bastante próximo desse valor, no entanto para obter uma boa classificação do sistema a avaliação deveria estar a rondar os 80 pontos, (Brooke, 1986). Isto demonstra que o sistema ainda deve ser melhorado antes de ser utilizado.

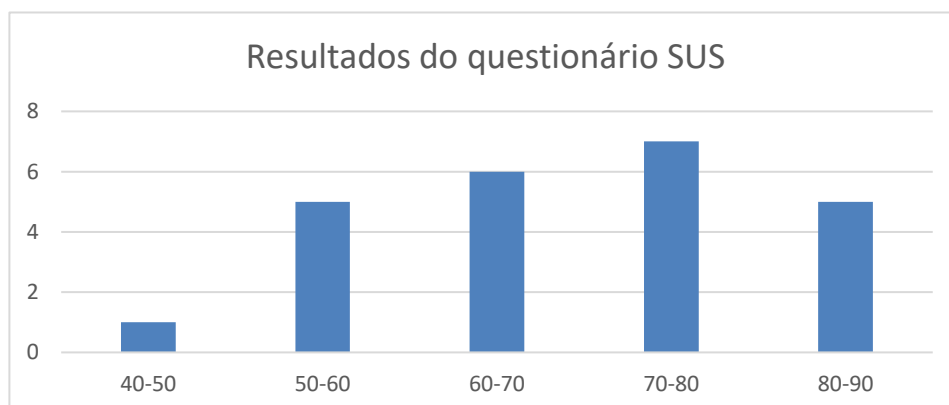


Figura 78 - Resultados do questionário SUS

6.3 Análise das sugestões/observações dos utilizadores

De forma a melhorar o sistema, foi criada uma terceira parte no questionário, onde era pedido aos jogadores que testaram os jogos para fazer as suas sugestões/observações ao sistema. Assim, apresenta-se neste subcapítulo a análise a essas mesmas sugestões/observações.

As sugestões/observações prendem-se principalmente em quatro pontos, que são:

- fazer pausas antes de iniciar cada jogo,

- criar tutoriais de modo a demonstrar como se joga e quais os movimentos a utilizar em cada jogo,
- nos jogos onde é usada uma mão de cada vez, indicar de forma mais visível qual a mão que deve ser utilizada a interagir com o jogo,
- otimização da deteção das mãos e movimentos.

Houve também observações mais específicas a dois jogos. Onde uma sugere aumentar o número de vidas do carro no *CarRun Game*, de modo a aumentar as hipóteses dos jogadores chegarem à meta final, outras que indicam que os jogadores consideraram o jogo *SpaceShip Game* como o mais difícil de jogar. Isto porque, os jogadores, só queriam disparar os misseis contra os meteoritos, para abrir caminho e não se desviam deles. Como os meteoritos são difíceis de destruir era a nave a ser destruída. Para resolver o problema associado a esta observação poderia ser diminuída a resistência dos meteoritos aos misseis de forma a que fossem destruídos com mais facilidade. No entanto, é também um dos objetivos do jogo deslocar a nave de um lado para o outro, para assim poderem ser realizados ambos os exercícios de jogo. Como tal, o jogador deve saber quando pode executar o comando de disparar e quando deve executar os comandos para mover a nave.

Através da análise a esta questão ficou claro que as principais dificuldades dos utilizadores ao usar o sistema é a falta de informação sobre quais os movimentos a usar em cada jogo. Dai as sugestões dos utilizadores em fazer uma pausa e explicar como e quais os movimentos a executar durante cada um dos jogos. Uma vez que os jogadores que testaram o sistema só tiveram a oportunidade de o fazer uma vez, esta observação faz sentido, pois para as duas ou três primeiras vezes que o utilizador utiliza o sistema o jogador ainda não sabe como o jogar. No entanto, se os utilizadores usassem este sistema mais vezes essas pausas informativas tornar-se-iam obsoletas. Como tal, a criação de uma versão com tutoriais do sistema seria necessária para as primeiras utilizações de novos utilizadores, que mais tarde passariam, certamente, a utilizar a versão sem tutoriais.

Outro ponto sugerido foi indicar de forma mais visível qual a mão que deve executar os exercícios de modo a interagir com o jogo. Nos jogos onde é utilizada uma mão de cada vez para executar os comandos já é indicado qual a mão a usar, no entanto, segundo os jogadores esta indicação parece estar pouco visível, como tal deve ser um ponto a melhorar.

Uma das principais observações dos jogadores é o facto do sistema perder muitas vezes o rastreamento da mão e que por vezes reconhece a mão contrária à que foi realmente exibida. Isso acontece, principalmente, porque ao executar os exercícios os jogadores em vez de mover

simplesmente o pulso movem também o braço, o que conseqüentemente move a mão para fora do campo de visão da câmara. Depois ao voltar com a mão para o campo de visão da câmara, têm a mão em posições estranhas o que confunde o sistema quanto à distinção entre as mãos, pois a mão deve estar voltada para cima e com a palma virada para a câmara.

Por fim, outra dificuldade apresentada pelos utilizadores foi na execução dos exercícios de alongamento, mas esta dificuldade era já esperada, uma vez que, uma das especificações para que, com a utilização da câmara e dos módulos da Intel, se consiga adquirir a posição dos *tracking points* das mãos é a não sobreposição e não se estarem a tocar, simultaneamente, uma na outra. Mas para a realização dos exercícios de alongamento é necessário quebrar, exatamente, esta especificação o que torna o reconhecimento destes exercícios mais complicado para o sistema.

Os jogadores consideraram o jogo *SpaceShip Game* como o mais difícil de jogar, pois eles só queriam disparar os mísseis contra os meteoritos, para abrir caminho através deles e não se desviam, como tal, a nave era destruída muitas vezes. Para resolver o problema associado a esta observação poderia ser diminuída a resistência dos meteoritos aos mísseis de forma a que fossem destruídos com mais facilidade. No entanto, é também um dos objetivos do jogo deslocar a nave de um lado para o outro, para assim poderem ser realizados ambos os exercícios de jogo. Como tal, o jogador deve saber quando pode executar o comando de disparar e quando deve executar os comandos para mover a nave.

Outra observação foi aumentar as vidas do carro no *CarRun Game* para que os jogadores tenham mais hipóteses de chegar à meta.

7. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

A utilização diária de movimentos repetitivos com as mãos causa lesões que influenciam negativamente o desempenho das pessoas. Estas lesões, por esforços repetitivos, estão principalmente relacionadas com atividades profissionais, onde os funcionários estão sujeitos a um elevado ritmo de trabalho, onde as tarefas realizadas levam, muitas vezes, a ações repetitivas especialmente em pessoas que trabalham em altos níveis de industrialização, retalhos ou com o uso de tecnologia avançada no processo produtivo.

Assim, esta dissertação teve como objetivo o desenvolvimento de um jogo sério para a prevenção de lesões nas mãos devido ao esforço repetitivo. Para tal, foi desenvolvido um sistema com uma série de jogos, onde através da execução de exercícios de aquecimento e alongamento o jogador consegue progredir nos jogos, e assim, realizar os exercícios de prevenção recomendados de uma forma lúdica e divertida.

A crescente preocupação nas lesões provocadas em atividades profissionais leva a uma maior procura por soluções. Assim, a implementação deste tipo de jogos pode ser uma mais-valia, pois pode originar, de forma mais divertida e motivante, uma redução ou até mesmo eliminação de lesões por esforços repetitivos em funcionários.

Os exercícios de prevenção, realizados pelo jogador são capturados através do sensor 3D, sendo ele a câmara *Intel RealSense* 3D F200, responsável pela deteção das mãos e dos seus movimentos. O conjunto de jogos foi desenvolvido no *software Unity* e está associado a este sensor.

Através dos resultados obtidos e da análise realizada é possível concluir que, em geral, o jogo favorito, dos jogadores que testaram o sistema foi o *RatsInvasion Game* uma vez que apresenta a melhor avaliação média nas três questões realizadas para avaliar cada jogo. Por outro lado, os dois jogos com pior avaliação foram os jogos dos alongamentos, resultado que pode ser facilmente explicado, devido à maior dificuldade do sistema em manter o *tracking* correto das mãos do jogador, o que levava muitas vezes a não reconhecer a execução dos exercícios.

O jogo *CarRun Game*, entre todos os jogos, apresenta a maior discórdia nas avaliações, isto acontece porque alguns dos jogadores não conseguiram progredir no jogo. No entanto, outros jogadores que o conseguiram acabaram por dar uma melhor avaliação a este jogo. Isto explica a discórdia nas avaliações do jogo, e a diferença do número de respostas entre os vários níveis de avaliação ser tão pequeno.

Além dos exercícios de alongamento, outra dificuldade dos utilizadores foi na execução de alguns exercícios de aquecimento do pulso, uma vez que os movimentos consistiam na movimentação do pulso mantendo o braço parado em frente à câmara, e para alguns utilizadores foi mais intuitivo mover o braço para onde queriam mover o objeto de jogo do que realizar o movimento de aquecimento suposto para realizar tal movimento, isto fazia a mão sair do campo de visão da câmara e consequentemente o sistema deixava de fazer o seu *tracking*.

Através da análise à terceira parte questionário ficou claro que as principais dificuldades dos utilizadores ao usar o sistema é a falta de informação sobre quais os movimentos a usar em cada jogo, e como tal deve ser criado uma versão tutorial do jogo.

Os jogadores não foram treinados para jogar os jogos, e não deram continuidade à utilização do sistema, limitando a experiência a um único teste, e ainda assim foi obtida uma avaliação média de 67.6 pontos no questionário de SUS, valor esse muito próximo aos 68 pontos que geralmente são obtidos pelos sistemas que utilizam este método de avaliação, (Affairs, 2013). Certamente que, se os jogadores tivessem oportunidade de voltar a utilizar o sistema, as classificações obtidas através do questionário seriam mais elevadas.

O sistema apresenta algumas limitações, sendo que a primeira consiste no facto de este sistema ser um sistema de visão por computador, percebendo-se que é necessário ter cuidado com a luz ambiente de forma a facilitar a deteção do posicionamento das mãos para o sistema. Depois, quando se posiciona a mão esta deve estar virada para cima com a palma voltada para a câmara, caso contrário é bastante provável que o sistema considere que a mão exibida na câmara não seja a que realmente foi apresentada. Deste modo é essencial que ao expor a mão, esta esteja voltada para cima e com a palma virada para a câmara.

Outra limitação do sistema é a deteção dos exercícios de alongamento, uma vez que estes exercícios exigem a sobreposição ou oclusão e toque entre as mãos, e segundo as especificações de utilização da câmara tal não deve acontecer pois prejudica a deteção correta das mãos. Além dos exercícios de alongamento o sistema parece também apresentar alguns problemas na deteção do exercício de aquecimento que consiste em esticar e fletir os dedos da mão.

O trabalho futuro a curto prazo consiste em criar a versão tutorial do jogo e indicar de forma mais visível qual a mão que deve ser utilizada para controlar os objetos de jogo. Depois de aplicar estas melhorias ao sistema, seria interessante testá-lo em utilizadores que utilizariam o sistema todos os dias, durante algum tempo, de forma a avaliar se realmente é observada alguma diferença a nível físico dos seus utilizadores ao longo do tempo, com impacto na produtividade e prevenção de lesões.

Também seria interessante, como trabalho futuro, adaptar este sistema para realidade virtual.

Depois a longo prazo, quando e se o jogo chegar a ser lançado para o mercado, de forma a impedir que os jogos se tornem repetitivos, estes devem ser melhorados de forma a serem mais apelativos através da adição de novo conteúdo, como a adição de novas personagens, bónus, “poderes especiais” e novos níveis, de modo a manter o jogador interessado em continuar a jogar diariamente.

REFERENCIAS

- Adobe Photoshop CS6. (n.d.). Retrieved September 2, 2017, from <https://worldvectorlogo.com/logo/adobe-photoshop-cs6>
- Affairs, A. S. for P. (2013). System Usability Scale (SUS). Retrieved from <https://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/system-usability-scale.html>
- Angry Birds. (n.d.). Retrieved May 16, 2017, from <https://www.angrybirds.com/games/>
- Anliker, J. (2005). Carpal Tunnel Syndrome - Damaging U.S. Economy. Retrieved February 8, 2017, from http://www.rsi-therapy.com/Articles/a_ctsdamaginguseconomy.htm
- Aparício, L. N., & Silva, A. (2014). Postura, Dor e Percepção de Esforço na Aprendizagem do Acordeão.
- Aptel, M., Aublet-Cuvelier, A., & Cnockaert, J. C. (2002). Work-related musculoskeletal disorders of the upper limb. *Joint, Bone, Spine: Revue Du Rhumatisme*, 69(6), 546–55. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12537261>
- Assassins-Creed. (n.d.). Retrieved October 14, 2017, from <http://assassinscreed.blog.br/wp-content/uploads/2016/05/Assassins-Creed-Identity-requisitos-mínimos-Capa-1.jpg>
- Audacity Development Manual. (2017). Retrieved September 2, 2017, from <http://manual.audacityteam.org/>
- Battlestar Galactica. (n.d.). Retrieved October 14, 2017, from <http://raccoon.com.br/wp-content/uploads/2012/09/Battlestar-Galactica-Online-01.png>
- Brooke, J. (1986). SUS-System-Usability-Scale. Redhatch Consulting Ltd.
- Campos, G. P. (2013). *Sistema para fisioterapia baseado na plataforma Kinect. Páginas.Fe.Up.Pt*. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Retrieved from <http://paginas.fe.up.pt/~ee07227/docs/pdi.pdf>
- Chiropractic, W. F. (2015). Screen-Shot-2015-10-22-at-11.22.59-AM.png (487×341). Retrieved November 29, 2016, from <http://chiro352.com/wordpress/wp-content/uploads/2015/10/Screen-Shot-2015-10-22-at-11.22.59-AM.png>
- Colgan, A. (2015). Changing How People Look at Physical Therapy. Retrieved October 28, 2016, from <http://blog.leapmotion.com/changing-people-look-physical-therapy/>
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1989). User Acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. In *Manage sci.* (35th ed., pp. 982–1003). New York. Retrieved from <http://home.business.utah.edu/actme/7410/DavisBagozzi.pdf>
- Dotan, G. (2015). Top 10 Best Unity Games Ever. Retrieved September 2, 2017, from <http://blog.soom.la/2015/01/top-10-unity-games-ever-made.html>
- f200_camera. (n.d.). Retrieved October 25, 2017, from http://poojabaraskar.azurewebsites.net/wp-content/uploads/2015/07/f200_camera.jpg
- Flow Free. (n.d.). Retrieved October 20, 2017, from <http://www.bigduckgames.com/>
- Fragelli, T., & Günther, I. (2012). Abordagem ecológica para avaliação dos determinantes de comportamentos preventivos: proposta de inventário aplicado aos músicos. In F. Borém (Ed.), *Per Musi* (Vol. 25, pp. 73–84). Belo Horizonte.
- Freitas, H., Carvalho, V., Soares, F., & Matos, D. (2017). Virtual application for preventing repetitive strain injuries on hands: First insights. *10th International Conference on Biomedical Electronics and Devices, I(Biostec)*, 237–244. <https://doi.org/DOI: 10.5220/0006295102370244>
- Garganta, R. (n.d.). Ginástica laboral. Retrieved October 9, 2017, from <https://www.medicosdeportugal.pt/info/saude-publica/ginastica-laboral/>
- Haas, J., & Moriarty, B. (n.d.). A History of the Unity Game Engine An Interactive Qualifying Project. Retrieved from <https://web.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-030614->

- 143124/unrestricted/Haas_IQP_Final.pdf
- Han, D., Wang, Z., Xu, W., & Wang, N. (2015). Rehabilitation Training System for the Motor Deficit of Upper Extremity. *2015 IEEE Twelfth International Symposium on Autonomous Decentralized Systems*, 162–166. <https://doi.org/10.1109/ISADS.2015.56>
- Hand Tracking Tutorial Intel® RealSense™ SDK Intel® RealSense™ SDK Hand Tracking Tutorial.* (n.d.).
- Healthline Editorial Team. (2011). Alongamentos para os pulsos e as mãos. Retrieved August 29, 2017, from <http://pt.healthline.com/health/alongamentos-para-os-pulsos-e-maos#1>
- Hearthstone. (n.d.). Retrieved October 14, 2017, from <http://www.hardgame.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Hearthstone-Heroes-of-Warcraft-Capa-do-Jogo.jpg>
- Hohweier, J. (2016). Version & Release History of Adobe Photoshop. Retrieved September 1, 2017, from <https://www.greaterthangatsby.com/history-of-photoshop/>
- IntelRealSense. (2014). *SDK Design Guidelines*. Retrieved from <http://www.intel.com/realsense>
- kerbal. (n.d.). Retrieved October 14, 2017, from <http://thegamersparadise.com/images/Games/Playstation/PS4/kerbalspaceprogram/kerbalspaceprogramlogo.jpg>
- Kinect Image. (n.d.). Retrieved October 9, 2017, from <https://img-prod-cms-rt-microsoft-com.akamaized.net/cms/api/am/imageFileData/RE1mq9J?ver=26c4&q=60&m=6&h=423&w=752&b=%23FFFFFF&f=jpg&o=f>
- Lange, B., Chien-Yen Chang, Suma, E., Newman, B., Rizzo, A. S., & Bolas, M. (2011). Development and evaluation of low cost game-based balance rehabilitation tool using the microsoft kinect sensor. In *2011 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* (pp. 1831–1834). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2011.6090521>
- Leap Motion. (n.d.). Retrieved October 22, 2017, from https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/41BSki9XBGL_SL1024_.jpg
- Lima, S. (n.d.). Tendinite de DeQuervain. Retrieved October 10, 2017, from <https://www.saudebemestar.pt/pt/clinica/ortopedia/tendinite-de-quervain/>
- Llauradó, O. (2015). Escala de Likert: O qué é e como utilizá-la. Retrieved October 11, 2017, from <https://www.netquest.com/blog/br/escala-likert>
- Mahesh, K. (2011). History of Photoshop: Journey from Photoshop 1.0 to Photoshop CS5. Retrieved September 1, 2017, from <https://creativeoverflow.net/history-of-photoshop-journey-from-photoshop-1-0-to-photoshop-cs5/>
- Martin, C. C., Burkert, D. C., Choi, K. R., Wiczorek, N. B., McGregor, P. M., Herrmann, R. a., & Beling, P. a. (2012). A real-time ergonomic monitoring system using the Microsoft Kinect. *2012 IEEE Systems and Information Engineering Design Symposium*, 50–55. <https://doi.org/10.1109/SIEDS.2012.6215130>
- Martins, C. de O., & Michels, G. (2001). Saúde x lucro: Quem ganha com um programa de promoção da saúde do trabalhador? *Revista Brasileira de Cineantropometria E Desempenho Humano*, 3(1), 95–101.
- Martins, T., Carvalho, V., & Soares, F. (2016). Tracking of physiotherapy exercises using image processing techniques. In *CONTROLO16, 12th Portuguese Conference on Automatic Control*. Guimarães, Portugal. https://doi.org/10.1007/978-3-319-43671-5_37
- Moreira, J. A. (2015). *A prevenção de Lesões por Esforço Repetitivo (LER) nas aulas de saxofone*. Universidade do Minho.
- Move Forward. (n.d.). image.axd (700×532). Retrieved November 29, 2016, from <http://www.moveforwardpt.com/image.axd?id=ee55b495-e5bb-4f5d-bf15-1e8414ec3f65&t=634796061214070000>
- Neto, L. (2015, January). Custos das Lesões Músculo-Esqueléticas. *Revista Segurança*. Retrieved from <http://www.revistaseguranca.com/custos-das-lesoes-musculo-esqueleticas/>

- Nichols, G. (2015). Intel camera gives robots 3D vision | ZDNet. Retrieved October 9, 2017, from <http://www.zdnet.com/article/intel-camera-gives-robots-3d-vision/>
- Nunes, I. L., & Bush, P. M. (2011). Work-Related Musculoskeletal Disorders Assessment and Prevention. *Ergonomics-A System Approach*, 1–31. <https://doi.org/10.5772/2232>
- Oliveira, E. M. de, & Barreto, M. (1997). Engendrando Gênero na Compreensão das Lesões Por Esforços Repetitivos. In *Saude e Sociedade* (pp. 77–99).
- Oscillada, J. M. (2015). List of Hand Tracking Tech for VR. Retrieved January 2, 2017, from <http://www.virtualrealitytimes.com/2015/03/10/list-of-hand-tracking-tech-vr/>
- Piano Tiles is a game super fun. (2015). Retrieved October 20, 2017, from <https://pianotiles2.wordpress.com/>
- Pinheiro, M. (n.d.). Tendinite nas mãos e punhos - Sintomas e Tratamento - Tua Saúde. Retrieved October 10, 2017, from <https://www.tuasaude.com/tendinite-na-mao/>
- Pong Game. (n.d.). Retrieved March 28, 2017, from <http://www.ponggame.org/>
- Rodrigues Coelho, M. S. (2009). Estudo da Frequência de Lesões Músculo-Esqueléticas Relacionadas com o Trabalho (LMERT) em Profissionais de Enfermagem.
- Rust. (n.d.). Retrieved October 14, 2017, from <https://i.ytimg.com/vi/KviSkXwzVc0/maxresdefault.jpg>
- Sampaio, A. A., & Oliveira, J. R. G. (2008). A ginástica laboral na promoção da saúde e melhoria da qualidade de vida no trabalho. *Marechal Cândido Rondon*, 7, 71–79. Retrieved from <https://www.cdof.com.br/artigo/Gin%20stica%20Laboral%20Adelar%20e%20Jo%20E3o.pdf>
- Santoso, H. B., Nurrohmah, I., Fadhilah, S., & Goodridge, W. H. (2017). Evaluating and Redesigning the Self-Monitoring Tool. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 7(1), 228. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.7.1.1526>
- Serranheira, F., Lopes, F., & Sousa Uva, A. (2003). Lesões Músculo-Esqueléticas (LME) e Trabalho: Uma associação muito frequente. In *Sociedade Portuguesa de Medicina do Trabalho*.
- Serranheira, F., Pereira, M., Santos, C. S., & Cabrita, M. (2003). Saúde ocupacional Auto-referência de sintomas de lesões músculo-esqueléticas ligadas ao trabalho (LMELT) numa grande empresa em Portugal, 21(2).
- Shipra, N., Rohit, N., & Aggarwal, N. G. (2015). Ergonomic Principles to Prevent Musculoskeletal Disorders in Dental Professionals. *International Journal of Dental Health Concerns*, 1, 1–5. <https://doi.org/10.15713/ins.ijdhc.8>
- Shuttleworth, A. (2004). Repetitive strain injury: causes, treatment and prevention. Retrieved February 6, 2017, from <https://www.nursingtimes.net/repetitive-strain-injury-causes-treatment-and-prevention/204505.article>
- Silva, L. M. O. (2015). *Estudo de casos de Lesões Musculosqueléticas Relacionadas com o Trabalho dos Membros Superiores existentes numa empresa de componentes automóveis*. Universidade do Minho.
- Silva, P., Pimentel, V., & Soares, J. (2012). A UTILIZAÇÃO DO COMPUTADOR NA EDUCAÇÃO: aplicando o Technology Acceptance Model (TAM). *Biblionline*, (2005), 263–272. <https://doi.org/10.5753/rbie.2015.23.03.12>
- Silva, V., Soares, F., & Carvalho, V. (2016). Mirroring Emotion System – On-line Synthesizing Facial Expressions on a Robot Face. In *8th International Congress on Ultra-Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT)*. Lisboa, Portugal.
- Simoneau, S., St-Vincent, M., & Chicoine, D. (1996). *Work-Related Musculoskeletal Disorders (WMSDs)*. Saint-Léonard, Québec: IRSST and the A.S.P. Métal-Électrique.
- Sotelo, C. M. F. (2014). *PORTUGUESE SIGN LANGUAGE RECOGNITION FROM DEPTH SENSING HUMAN GESTURE AND MOTION CAPTURE*. Universidade do Minho.
- Torres, M., Carvalho, V., & Soares, F. (2016). “ iLearnPSL ” – Development of an interactive application for learning Portuguese Sign Language : first insight, 1–4.

- Trigueiros, P. (2013). *Hand Gesture Recognition System based in Computer Vision and Machine Learning: Applications on Human-Machine Interaction*. Universidade do Minho.
- Unity - Brand. (n.d.). Retrieved September 2, 2017, from <https://unity3d.com/pt/public-relations/brand>
- Valachi, B., & Valachi, K. (2003). Preventing musculoskeletal disorders in clinical dentistry: strategies to address the mechanisms leading to musculoskeletal disorders. *Journal of the American Dental Association*, *134*(12), 1604–12.
- Vianna, C. M. M. F. (2004). 1º CONTECSI Congresso Internacional de Gestão de Tecnologia e Sistemas de Informação 21-23, 1–23.
- Visual Studio Enterprise. (n.d.). Retrieved September 2, 2017, from <https://www.supremo.pl/Licencje-Microsoft-Open/Komercyjne/Aplikacje/Visual-Studio-Enterprise-with-MSDN-Competency-Required-MX3-00076>
- Weichert, F., Bachmann, D., Rudak, B., & Fisseler, D. (2013). Analysis of the Accuracy and Robustness of the Leap Motion Controller. *Sensors*, *13*(5), 6380–6393. <https://doi.org/10.3390/s130506380>
- Zhu, G., Cai, S., Ma, Y., & Liu, E. (2015). A Series of leap motion-based matching games for enhancing the fine motor skills of children with autism. *Proceedings - IEEE 15th International Conference on Advanced Learning Technologies: Advanced Technologies for Supporting Open Access to Formal and Informal Learning, ICALT 2015*, 430–431. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2015.86>

ANEXO I – QUESTIONÁRIO

Questionário *HandGames*

*Obrigatório

1. Como classifica o jogo em geral? *

1 - Muito Mau, 2 - Mau; 3 - Satisfatório; 4 - Bom; 5 - Muito Bom *Marcar apenas uma oval por linha.*

	1	2	3	4	5
Ping Pong Game Space	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ship Game	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hedgehog Invasion Game	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rats Invasion	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Car Run Game	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hand Flow Game	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Shooting Game	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. Como classifica a resposta do sistema aos exercícios efetuados? *

1 - Muito Mau, 2 - Mau; 3 - Satisfatório; 4 - Bom; 5 - Muito Bom *Marcar apenas uma oval por linha.*

	1	2	3	4	5
Ping Pong Game Space	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ship Game	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hedgehog Invasion Game	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rats Invasion	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Car Run Game	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hand Flow Game	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Shooting Game	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3. Como classifica a qualidade de detecção dos exercícios? *

1 - Muito Mau, 2 - Mau; 3 - Satisfatório; 4 - Bom; 5 - Muito Bom *Marcar apenas uma oval por linha.*

	1	2	3	4	5
Ping Pong Game Space	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ship Game	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hedgehog Invasion Game	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rats Invasion	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Car Run Game	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hand Flow Game	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Shooting Game	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. *

1 - Discordo totalmente; 2 - Discordo; 3 - Não concordo nem discordo; 4 - De acordo; 5 - Totalmente de acordo

Marcar apenas uma oval por linha.

	1	2	3	4	5
Usaria este sistema com frequência	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Acho que os comandos de jogo são difíceis de executar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Acho que o sistema foi fácil de utilizar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Acho que precisaria de apoio técnico para utilizar o sistema	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Consegui aplicar os comandos da forma que queria	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Acho que existe inconsistência neste sistema	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Penso que a maioria das pessoas aprenderia a usar este sistema rapidamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Acho que foi complicado usar este sistema	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Foi fácil ganhar habilidade na execução dos movimentos (comandos de jogo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Precisava de aprender muita coisa antes de poder usar este sistema	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. Tem algumas sugestões/observações a fazer sobre sistema?

Com tecnologia



