

PhysioVinci – Solução Integrada para Reabilitação Física de Pacientes com Patologias Neurológicas

Tiago Martins

Centro Algoritmi
Campus de Azurém, Guimarães
tiagorsmartins@hotmail.com
+351253510180

Miguel Araújo

IPCA-EST
Campus do IPCA, Barcelos
miguelmaraujo@hotmail.com
+351253802260

Orlando Lopes

IPCA-EST
Campus do IPCA, Barcelos
orlandolopes@hotmail.com
+351253802260

Vítor Carvalho

IPCA-EST & CentroAlgoritmi
Campus do IPCA, Barcelos &
Campus de Azurém, Guimarães
vcarvalho@ipca.pt

Filomena Soares

Centro Algoritmi
Campus de Azurém, Guimarães
fsoares@dei.uminho.pt
+351253510180

Demétrio Matos

IPCA-EST
Campus do IPCA, Barcelos
dmatos@ipca.pt
+351253802260

Jorge Marques

IPCA-EST
Campus do IPCA, Barcelos
jmarques@ipca.pt
+351253802260

José Machado

Centro CT2M
Campus de Azurém, Guimarães
jmachado@dem.uminho.pt
+351253510220

Luís Torrão

Universidade de Hull
Cottingham Road, Hull, UK
luistorrao@live.com
+441482346311

RESUMO

Vários estudos têm mostrado resultados muito positivos no que se refere à utilização de jogos sérios como ferramentas de reabilitação de pessoas com deficiências físicas, principalmente porque o ambiente que eles criam estimula a motivação necessária para que continuem o seu tratamento com entusiasmo. Assim, o objetivo deste artigo é descrever os primeiros passos no desenvolvimento de um jogo em ambiente 3D, para a fisioterapia de pacientes com deficiências motoras, em consequência de distúrbios neurológicos.

Palavras-chave

Jogos sérios; ferramentas de reabilitação; deficiência motora; motivação; fisioterapia; doenças neurológicas.

INTRODUÇÃO

Embora não deixando de lado o entretenimento, os jogos sérios são projetados para resolver problemas em diversas áreas. Considerando-se a área de saúde, é possível destacar

Paste the appropriate copyright/license statement here. ACM now supports three different publication options:

- ACM copyright: ACM holds the copyright on the work. This is the historical approach.
- License: The author(s) retain copyright, but ACM receives an exclusive publication license.
- Open Access: The author(s) wish to pay for the work to be open access. The additional fee must be paid to ACM.

This text field is large enough to hold the appropriate release statement assuming it is single-spaced in TimesNewRoman 8 point font. Please do not change or modify the size of this text box.

a importante contribuição destes jogos em fisioterapia e reabilitação de pacientes com deficiências motoras, que podem ter várias causas, nomeadamente doenças neurológicas.

Esses pacientes necessitam de programas de fisioterapia adequados aos seus problemas, de forma a melhorarem, tanto quanto possível, a sua qualidade de vida. No entanto, os exercícios que a fisioterapia tradicional oferece são muitas vezes enfadonhos e repetitivos, o que desencoraja os pacientes, levando-os a abandonar os seus programas de reabilitação antes de terem terminado, especialmente se não são sentidas melhorias a curto prazo [5, 23]. Portanto, estes programas devem ser desenvolvidos em ambientes que incentivam os pacientes a realizá-los com entusiasmo e relaxamento, parecendo que a solução para tal se encontra nos jogos sérios. [19, 22].

Atualmente existem no mercado três dispositivos de Realidade Virtual (RV), baseados em consolas que permitem adaptar os jogos à reabilitação, embora nenhum deles tenha sido desenvolvido com o propósito de ser utilizado na Medicina Física e Reabilitação Motora (MFRM). Referimo-nos à Wii da Nintendo, à PlayStation Move da Sony e à Xbox 360 Kinect da Microsoft [15].

Existem outros sistemas de reabilitação, embora não relacionados com os jogos sérios, tais como: o sistema de reabilitação robótica Hocoma, que apresenta os produtos Lokomat, usado para reabilitação de membros inferiores, Erigo para estimular os pacientes numa fase precoce, após um Acidente Vascular Cerebral (AVC) e Armeo para a

reabilitação dos membros superiores [31]; o sistema YourRehab, que oferece uma abordagem multidisciplinar para avaliar as necessidades dos pacientes [12].

Apesar de vários jogos sérios estarem, atualmente, a ser usados na terapia de pacientes com problemas motores, foi detetada uma lacuna, no que diz respeito aos jogos que são exclusivamente destinados a um amplo espectro de exercícios de fisioterapia que visam melhorar a mobilidade de pacientes com doenças neurológicas. Por conseguinte, encontra-se em desenvolvimento um jogo em ambiente 3D, PhysioVinci, que apresenta vantagens em relação a jogos já existentes: é não-invasivo, promove um alto grau de motivação do paciente, supera a lacuna referida, aplica-se a qualquer um dos membros do corpo e é utilizado num grande número de doenças e não apenas para uma doença específica.

Para além da Introdução, Conclusão e Trabalho Futuro, este artigo abrange as seguintes secções: Revisão de Literatura, Movimentos Associados às Patologias, *Storyboard* e Design Conceptual, Desenvolvimento e Implementação e Design do Dispositivo Físico de Suporte. Todas estas secções se dividem em subsecções, com exceção da secção relativa aos Movimentos Associados às Patologias.

REVISÃO DE LITERATURA

Doenças Neurológicas

Algumas dificuldades motoras são consequência de doenças neurológicas, nas quais os neurónios na região do Sistema Nervoso responsáveis pelos movimentos vão perdendo a capacidade transmitir, uns aos outros, os estímulos nervosos que recebem, a transmissão dos sinais elétricos para os músculos vai cessando, atrofiando-os e comprometendo a mobilidade. Alguns exemplos de doenças neurológicas são a esclerose múltipla, o acidente vascular cerebral, a ataxia de Friedreich, e a doença de Parkinson [1].

Os Jogos Sérios como Fator de Motivação em Fisioterapia

O ambiente agradável criado por um jogo sério e as formas de *feedback*, tais como pontuações numéricas, barras de progresso, controlador de vibração/força e som constituem um incentivo que pode proporcionar o aumento da motivação do paciente para completar seu programa de fisioterapia [4]. Em geral, eles incentivam o utilizador a compreender os exercícios mais difíceis como desafios, realizando-os gradualmente. Além disso, a possibilidade de repetição de um exercício, se ele falhar, parece ser um fator de motivação. Há também a atração que os jogos costumam provocar. Depois de iniciar um jogo, as pessoas estão interessadas em manter-se a jogar, para melhorarem os resultados [19].

Ao mesmo tempo que entretêm os jogadores, levando a um maior tempo de jogo, os jogos sérios recompensam as suas vitórias e reforçam os movimentos saudáveis [23].

Jogos Sérios Usados em Fisioterapia e Reabilitação

Atualmente existem, no mercado, diversas tecnologias que são utilizadas em fisioterapia e reabilitação, tais como: um sensor para um jogo de pong, para fisioterapia de braços parcialmente paralisados por um AVC [14]; dez jogos para fisioterapia de pacientes com lesões complicadas nas extremidades superiores [9]; um sistema evolutivo que insere o paciente num ambiente virtual, proporcionando várias formas de fisioterapia para o tratamento específico de cada doença [9]; um dispositivo de RV desenvolvido para melhorar a velocidade de caminhada e o comprimento da passada de pacientes que sofrem de esclerose múltipla [9]; um conjunto de jogos sérios direcionado para a prática de fisioterapia em ambientes virtuais [16]; um jogo colaborativo projetado para a reabilitação de pacientes com a mobilidade dos membros superiores gravemente afetada por esclerose múltipla ou AVC [30]; uma variedade de jogos para a reabilitação dos membros superiores afetados em consequência de acidente vascular cerebral [4]; o PS2 EyeToy, para a reabilitação em ambiente doméstico [8]; nove jogos para melhorar a coordenação em pessoas com doença de Parkinson [6]; a terapia Neurogame, utilizada para a reabilitação de pacientes com movimentos severamente comprometidos após um AVC [20]; o jogo Handcopter, utilizado para a reabilitação do movimento do dedo [24]; o Vivid Gesture Extreme, usado em vítimas de AVC, para exercitar as extremidades do corpo [21]; um sistema de monitorização visual, desenvolvido para servir como um fisioterapeuta em ambiente doméstico [25].

Design de Jogos Digitais

Sendo o desenvolvimento de jogos digitais uma atividade multidisciplinar, tem atraído diversos artistas para equipas de desenvolvimento de projetos, tais como *designers* de jogos (“*game designers*”) e personagens (“*characters designer*”), artistas digitais, entre outros. O desenho assume assim um papel essencial para o desenvolvimento de jogos digitais, sendo fundamental para a evolução do conceito ao objeto, do *storyboard* aos cenários, do desenvolvimento de personagens a toda a mecânica de jogo.

No desenvolvimento de um jogo digital, o envolvimento do desenho é instantâneo, desde a ideia, com os primeiros desenhos materializados em esboços, com as dúvidas e hesitações iniciais, às primeiras certezas, o projeto no papel e a procura da consolidação da ideia e, por fim, o objeto, a sua execução e implementação [27].

Envolvendo o desenvolvimento de um videogame equipas multidisciplinares, existem diversos aspetos a considerar, tais como os cenários e o ambiente, a mecânica de jogo, o seu argumento e história.

MOVIMENTOS ASSOCIADOS ÀS PATOLOGIAS

Depois de analisar os exercícios de fisioterapia de pacientes neurológicos, juntamente com médicos fisiatras e técnicos de fisioterapia (fisioterapeutas), de Clínicas de Fisioterapia, foram selecionados aqueles que, além de serem mais

comuns e transversais a várias doenças neurológicas, são suscetíveis de serem monitorizados por técnicas de processamento de imagem. Portanto, foram escolhidos os seguintes exercícios (Figura 1):

- Abdução da articulação glenoumeral (Figura 1.1);
- Flexão da articulação radioumeral (Figura 1.2);
- Roldanas (Figura 1.3);
- Abdução da articulação coxofemoral (Figura 1.4);
- Flexão da articulação glenoumeral (Figura 1.5);
- Movimento cruzado braços (Figura 1.6).

A abdução da articulação glenoumeral pode ser definida como o movimento que ocorre no plano frontal, em torno de um eixo horizontal dirigido dorsoventralmente, e que afasta o braço da linha média do corpo [17].

A flexão da articulação radioumeral também ocorre no plano frontal, consistindo no movimento do braço em direção ao ombro [17].

A roldana consiste num movimento combinado de abdução glenoumeral e flexão radioumeral e, por isso, é realizado no plano frontal.

Tal como os três movimentos atrás mencionados, a abdução da articulação coxofemoral é realizada, mais uma vez, no plano frontal, em torno de um eixo horizontal no sentido anteroposterior, e consiste na elevação lateral da perna [17]. Relativamente à flexão da articulação glenoumeral, ela ocorre no plano sagital, sendo realizada para a frente e para cima, sofrendo uma variação de 0° a 180° [7].

O movimento cruzado de braços é um movimento diagonal, em que cada braço se move alternadamente para frente e para cima ou para baixo, tentando alcançar um alvo que aparece no lado oposto, colocado aleatoriamente pelo fisioterapeuta.

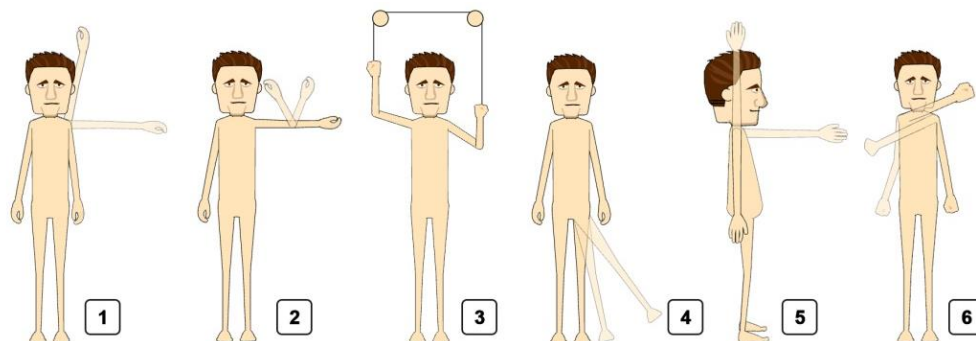


Figura 1. Conjunto de exercícios escolhidos para o jogo PhysioVinci. 1 – Abdução da articulação glenoumeral; 2 – Flexão da articulação radioumeral; 3 – Roldanas; 4 – Abdução da articulação coxofemoral; 5 – Flexão da articulação glenoumeral; 6 – Movimento cruzado braços.

STORYBOARD E DESIGN CONCEPTUAL

Em primeiro lugar, é necessário definir o público-alvo para este jogo. Ele será útil como um complemento à fisioterapia de indivíduos com doenças neurológicas, num estado leve ou moderado. A utilização deste jogo por indivíduos em estados patológicos avançados pode ter o efeito oposto ao desejado, uma vez que eles não seriam capazes de executar minimamente as tarefas propostas, levando-os, assim, à desmotivação, como verificado num estudo anterior [19].

Paola Antonelli [2] considera que, hoje em dia, os videojogos são uma importante forma de expressão visual, uma vez que possibilitam a interação do homem com máquinas e ecrãs. Sendo controversa a afirmação de que um videojogo é uma forma de arte, a verdade é que eles representam uma forma de expressão contemporânea, adequada aos meios e tecnologias atuais e também às novas gerações [13].

Desenvolvimento do Conceito

Se, numa primeira fase, pela análise dos videojogos existentes no mercado comercial, se procurou basear o conceito e o mecanismo de jogo em exemplos anteriormente dados [3], como a *WiiFit* da *Nintendo* (Figura 2), evoluiu-se para um conceito que apostasse mais na envolvência do paciente/jogador através de um conceito e argumento interessantes que, assim, proporcionassem o ambiente imersivo necessário para a sua motivação.

Surgiu, então, a ideia de ter por base as invenções criadas por Leonardo Da Vinci, como o mote para que o paciente/jogador pudesse executar o seu plano de reabilitação fisioterapêutica.

Após a definição dos movimentos a serem integrados no desenvolvimento do jogo, tendo em conta o público-alvo e a determinação dos planos de reabilitação, estabeleceu-se a correspondência entre cada um deles e um invento desenhado por Leonardo Da Vinci, adaptando-o à execução do movimento terapêutico correspondente (Figura 3).

GAME CONCEPT (1)

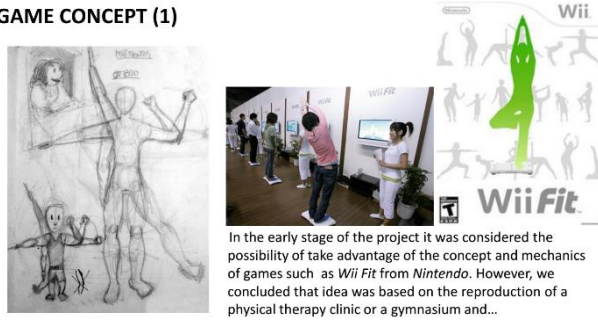


Figura 2. Conceito inicial baseado na *WiiFit* da *Nintendo* [3].

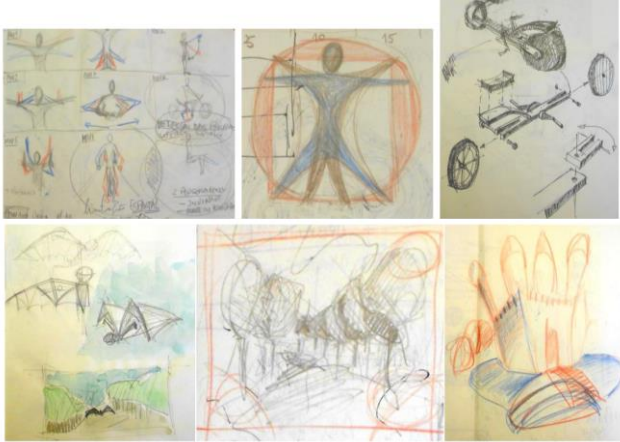


Figura 3. Evolução do conceito: definição dos movimentos e esquema de inventos [3].

Storyboard/Argumento

Procurou-se assim desenvolver um argumento interessante, baseado na idade média/renascentista, que facultasse o ambiente em que os pacientes/jogadores, através da utilização virtual de determinados objectos/inventos, pudessem realizar os seus programas terapêuticos, sem sequer pensarem que o estão a fazer.

Cenários/Ambientes de Jogo

Baseado nessa época e tendo como objectivo a motivação do paciente, foi também desenvolvida a estrutura do jogo, distribuindo os movimentos seleccionados por três áreas distintas: floresta, água e vila/cidade (Figura 4).

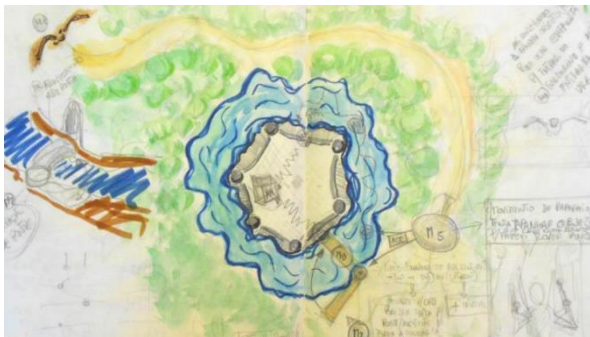


Figura 4. Estrutura do jogo [3].

Apostou-se, assim, na diversidade, como um factor, também ele, motivador.

No que se refere ao ambiente criado no jogo, pretende-se que o mesmo apresente um aspeto simples, apostando em volumetrias facetadas/poligonais, mas ao mesmo tempo investindo em texturas ricas, contribuindo para um aspeto visual apelativo e imersivo (Figura 5).

As Personagens

Com o objetivo de criar experiências ricas para o jogador, para além das áreas mencionadas, o desenvolvimento das personagens é fundamental.

Se as personagens tiverem profundidade, complexidade, consistência, mistério, humanidade e charme, parecerão reais ao jogador, ajudando a que todo o cenário de jogo pareça autêntico e permitindo que se “perca” no mundo criado [11].

Nesse sentido, se o desenho de personagens para videojogos é importante para o envolvimento do jogador, no contexto dos jogos sérios ele é crucial, pois diz respeito a fatores de motivação e estímulo na persecução do objetivo do jogo, seja ele de aprendizagem, simulação, ou outro, devendo transmitir um elevado grau de expressividade, provocando emoções no jogador.

A evolução do desenvolvimento das personagens (Figura 6), realizada através do desenho, pela adaptação às evoluções tecnológicas, tem sido feita pelo desenho de modelos computacionais, nomeadamente na área do 3D, que demonstra todo o seu potencial, abrindo novos caminhos nos videojogos, proporcionando um maior envolvimento do jogador e, conseqüentemente, aumentando os níveis de imersão e motivação no caso dos jogos sérios [27].



Figura 5. Aspeto do jogo (em desenvolvimento) [3].

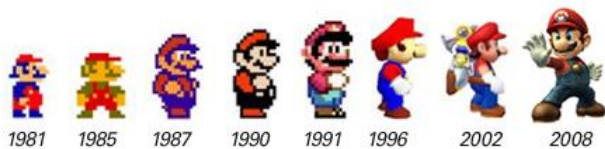


Figura 6. Evolução da personagem *Mario* da *Nintendo* [26].

Quando o objetivo do próprio jogo é o de envolver imersivamente o jogador para que execute tarefas repetitivas sem que se dê conta ou que possibilite a abstração da sua situação clínica, o processo de desenho de personagens, assim como o desenvolvimento de um jogo sério poderá ser equiparado ao de um jogo comercial.

No desenvolvimento das personagens para o jogo, tendo em conta todos estes aspetos e enquadrando-os no conceito, ambiente e época pensados, foram sendo criadas duas personagens (Figura 7): o Artista (que será raptado da sua oficina na floresta) e o Robot (também ele um invento do Artista e que o irá salvar após a realização, com sucesso, de um percurso em que utiliza os inventos, realizando assim os movimentos que se pretendem trabalhar).

Através da Figura 8 poderemos testemunhar o processo de evolução da personagem Robot, dos desenhos iniciais à modelação.

DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO

Tratando-se de um jogo em ambiente 3D, foi utilizado, no desenvolvimento do *PhysioVinci*, o motor 'Unity 3D' e o 'Blender' (por ser *open source*), para a construção de personagens 3D, entre os vários elementos do jogo.

Além da aceitação e da expansão exponencial que está a ter no mercado, o Unity 3D permite a programação em JavaScript e C#, o que facilita a integração do Microsoft Kinect SDK (o sensor Kinect é usado para monitorizar os movimentos dos pacientes).

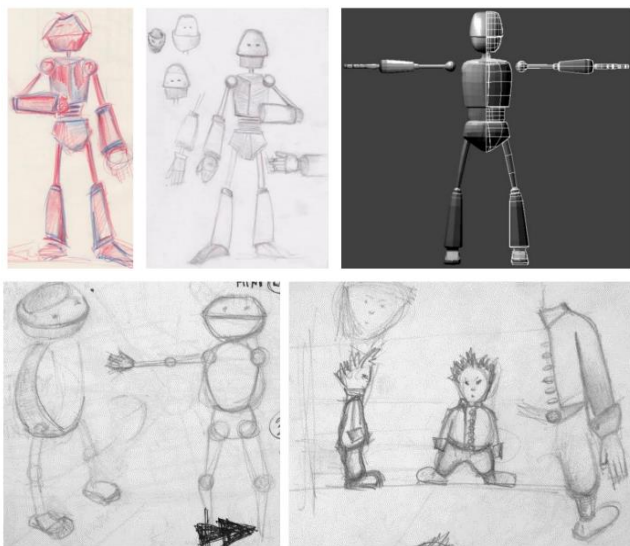


Figura 7. Desenhos das personagens: o Artista e o Robot.

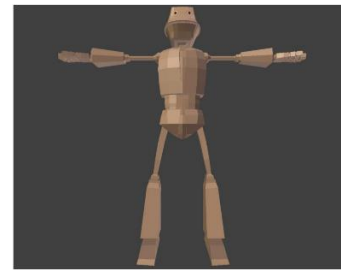


Figura 8. Evolução de personagens: o Robot.

Outra vantagem da utilização deste *software* é a compatibilidade de importação de objetos do *software* Blender, utilizado anteriormente.

Esquema Lógico do Jogo

Como pode ser observado na Figura 9, a um nível lógico, o jogo é dividido em três áreas principais:

- Jogo (para o jogador);
- *Backoffice* (para o fisiatra/fisioterapeuta);
- Armazenamento de Dados, que serve como um intermediário entre os dois anteriores.

A secção *Backoffice* é dividida em 3 partes: perfis dos jogadores, estatísticas e *rankings*. Esta área é exclusiva do fisiatra/fisioterapeuta. Aqui, ele preenche os dados do paciente – jogador (nome, idade, peso, tipo de patologia, grau de patologia, entre outras informações pessoais relevantes). Também define um conjunto de exercícios que um determinado paciente tem de realizar (por exemplo: abdução glenoumeral – braço esquerdo, flexão radioumeral – braço esquerdo, entre outros). Quando o perfil está concluído, as informações são registadas num servidor centralizado. Neste *Backoffice*, o fisiatra/fisioterapeuta pode analisar a evolução de um paciente particular, comparar com outros pacientes, e verificar o *ranking* das melhores classificações.

A secção Jogo é dividida em três partes: seleção de jogador, níveis de jogo e *ranking*. É interessante notar que a atividade do jogo precisa de um monitor (fisioterapeuta ou auxiliar de fisioterapia) que é responsável pelo tratamento adequado da aplicação e por acompanhar o jogador enquanto está a jogar. Assim, antes de um paciente começar a jogar, o técnico deve seleccionar o jogador correto.

Depois de seleccionar o jogador há um sistema de calibração (Figura 10.4), para se certificar de que o paciente está preparado para ser monitorizado com o sensor Kinect Microsoft.

Após a calibração, o jogador irá realizar os níveis (exercícios) definidos pelo fisiatra. No final de cada nível, é apresentado o *ranking* dos dez jogadores mais bem-classificados. Estes dez jogadores coincidem com aqueles que têm o mesmo grau de doença que o jogador atual.

Uma vez que toda a informação é centralmente armazenada num servidor remoto, os investigadores podem aceder aos

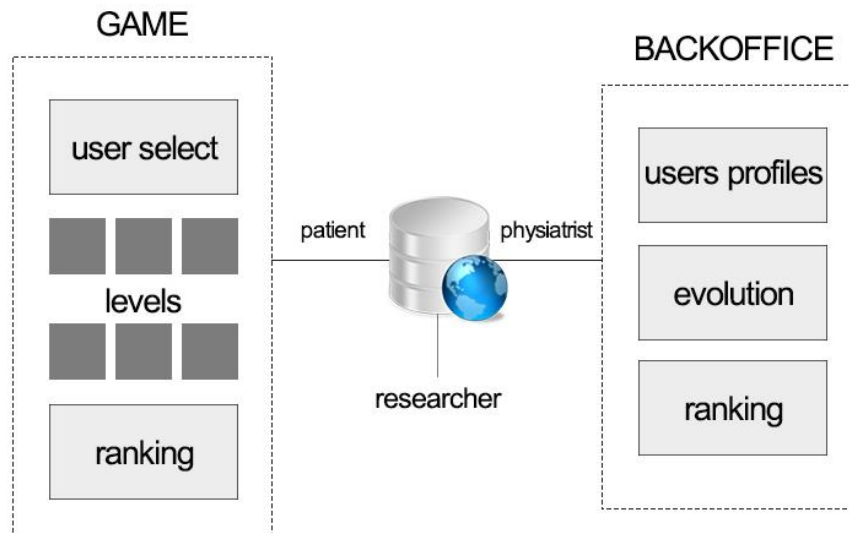


Figura 9. Esquema Lógico do Jogo simplificado.

dados a qualquer momento. Esta base de dados armazena informações pessoais de cada paciente, como nome, idade, sexo, patologia, estado da doença, história médica e outras informações relevantes relacionadas com a fisioterapia que está a realizar, como movimentos a executar, fisioterapeuta responsável, resultados de cada sessão de terapia, subdividida por exercício, ou seja, o progresso do paciente.

Níveis do Jogo

Atualmente, o jogo tem um nível que corresponde ao exercício de abdução da articulação glenoumeral. O *Storyboard* deste nível está resumidamente representado na Figura 11.

Este nível é baseado na invenção Asa Delta Planadora de Leonardo Da Vinci. A razão pela qual foi escolhido está relacionada com a semelhança entre a batida da Asa Delta de Leonardo da Vinci e o exercício proposto. Teoricamente, o jogador deve usar ambos os braços para imitar o bater das duas asas, mas, uma vez que o exercício é realizado com apenas uma, o movimento da segunda asa é replicado (em espelho).

No início do nível, a personagem principal segue um voo estabilizado com a Asa Delta (Figura 10.5), até que o jogador assume o controlo do jogo (nível inicial). A partir desse momento, o jogador tem de executar corretamente o exercício proposto, para que o voo continue estabilizado e ele possa apanhar objetos, para ganhar pontos (Figura 10.6). Se o jogador não executar corretamente o exercício proposto, o voo é desestabilizado e o planador começa a cair (Figura 10.7, Figura 10.8). Se o jogador for capaz de corrigir o exercício antes de o planador tocar no solo, ele vai voltar para a sua posição normal, que é acessível aos objetos que dão pontuação. Caso contrário, o jogo termina (*game over*) (Figura 10.9). Este nível contém um gráfico no canto superior direito, que informa o jogador se ele está a

realizar adequadamente o exercício, indicando a direção do movimento e a sua percentagem de conclusão. Além disso, indica os erros, quando o jogador está a realizar o exercício de forma errada.

O sensor Kinect monitoriza continuamente a posição do jogador e é através dele que é possível verificar se o utilizador está a executar o exercício corretamente.

No caso específico deste nível, o jogador deve executar o exercício corretamente de acordo com as descrições mencionadas na secção dos exercícios. Teoricamente, o jogador é penalizado nos seguintes casos (Figura 11): ângulo braço-antebraço menor que 180°; alinhamento incorreto no plano frontal ou no plano sagital; aceleração de execução diferente de zero.

Na verdade, devido à anatomia do corpo humano, não é possível garantir os valores acima descritos e, portanto, é necessário definir alguns limites para assegurar que o jogo tenha jogabilidade e não tenha uma precisão exagerada, o que levaria ao desinteresse do jogador e à consequente desmotivação, porque ele seria incapaz de cumprir minimamente o exercício proposto.

DESIGN DO DISPOSITIVO FÍSICO DE SUPORTE

No processo de configuração de produtos industriais, o *designer* deve otimizar as funções de um produto visando satisfazer às necessidades dos futuros utilizadores [10].

A identificação clara das necessidades dos utilizadores é fundamental para o sucesso e inovação do produto no mercado e isso só é possível com a compreensão dos problemas, desejos e meio ambiente onde as pessoas interagem [28]. Para se identificar as necessidades relativas a este produto e hierarquizá-las, recorreu-se à realização de um inquérito a 38 fisioterapeutas de diferentes faixas etárias, em 10 clínicas da cidade de Braga, Portugal.

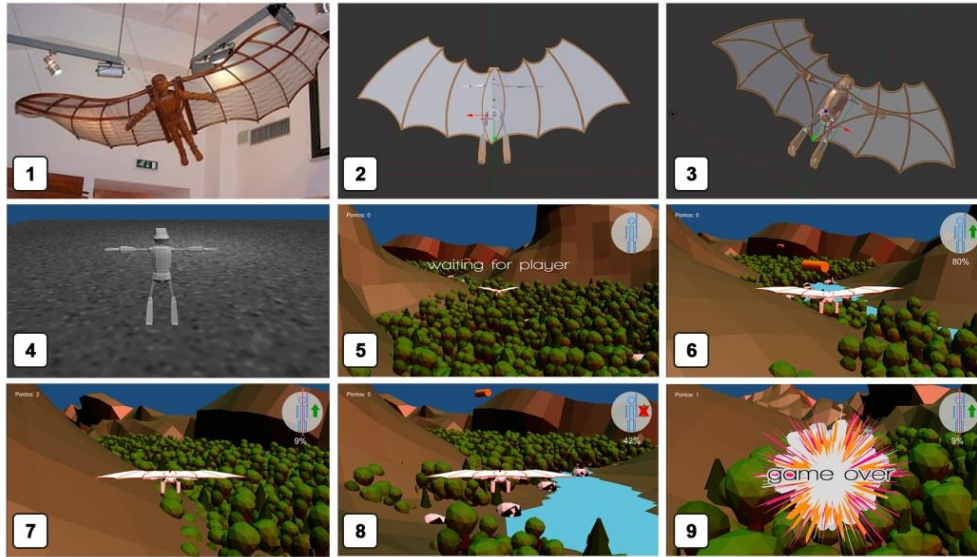


Figura 10. PhysioVinci, Nível I. 1 – Maqueta da Asa Delta de Leonardo Da Vinci; 2, 3 – Modelo 3D da Asa Delta de Leonardo Da Vinci; 4 – Screenshot do sistema de calibração do utilizador; 5, 6, 7, 8, 9 – Screenshots do Nível I.

Após a análise e tratamento dos dados recolhidos através dos inquiridos, conclui-se que as características que os potenciais utilizadores destes dispositivos consideram mais importantes são: preço, dispositivo de fácil montagem/desmontagem, fácil utilização, projetor incorporado e possibilidade de utilização quer em ambiente clínico quer em domicílio (Figura 12). Posteriormente, desenvolveram-se três conceitos de produto distintos (A, B, C). A escolha da melhor solução foi baseada nas necessidades que os utilizadores valorizaram. A solução que apresentou melhores resultados foi o conceito C, como se pode verificar na Figura 13.

Depois de selecionado o conceito iniciou-se o estudo do produto, ao nível do processo de funcionamento e utilização do dispositivo. Inicialmente, construímos um protótipo (Figura 14), a fim de validar as proporções, as dimensões antropométricas aplicadas ao produto e posteriormente realizar os testes de usabilidade.

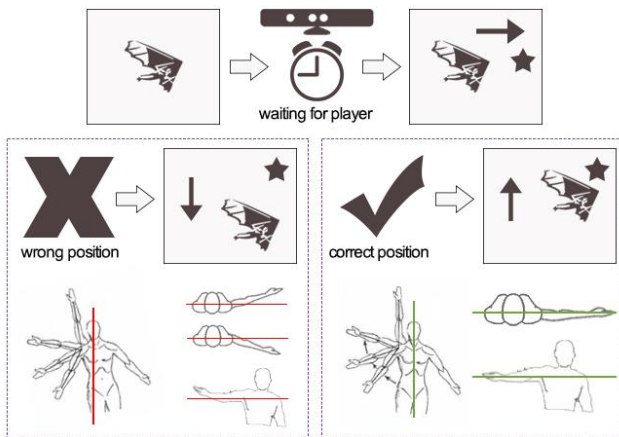


Figura 11. Storyboard simplificado do nível I do PhysioVinci.

A solução proposta consiste num dispositivo portátil de suporte ao jogo PhysioVinci que pode ser utilizado quer em ambiente clínico quer no domicílio, e não necessita de conexão a dispositivos secundários (televisão ou computador), requerendo apenas ligação a uma tomada (fonte de alimentação).

O dispositivo é constituído por duas partes, uma que tem o formato de um cilindro, onde estão instaladas as colunas e o sensor 3D, a segunda parte com um formato de um prisma retangular, onde está instalado o projetor, o minicomputador e o *touchpad*.

Ao nível da sua utilização, Figura 15, o dispositivo tem de estar a uma distância de 2 a 3 metros relativamente ao paciente. O paciente coloca-se em frente aos sensores (cilindro) para que os mesmos possam reconhecer os seus movimentos e, posteriormente, ele possa jogar o jogo projetado, através dos seus movimentos.

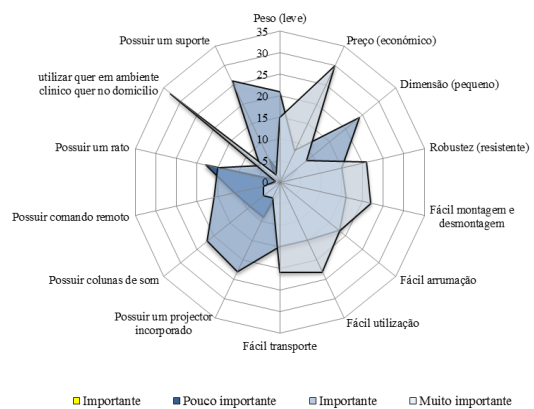


Figura 12. Hierarquia das necessidades.

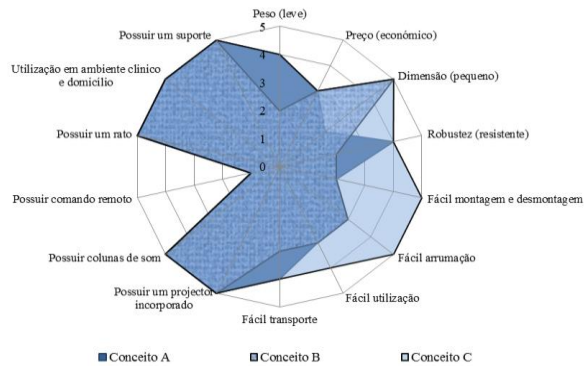


Figura 13. Comparação dos conceitos desenvolvidos.

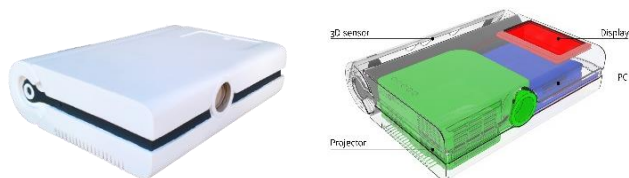


Figura 14. Protótipo do dispositivo.

O fisioterapeuta, numa fase inicial, coloca-se no lado esquerdo do dispositivo, de forma a aceder ao *touchpad*, para manusear o jogo, podendo posteriormente colocar-se numa posição que considere mais pertinente.

O dispositivo permite ajustar o ângulo de projecção, assim como a posição dos sensores 3D.

Como se pode ver na Figura 16a, foi necessária a utilização de um computador, um monitor, um teclado, um rato, um projetor e a Kinect (da esquerda para a direita). Na Figura 16b, pode ver-se o produto proposto que satisfaz os requisitos de ergonomia e usabilidade, que permite ao utilizador executar todas as tarefas de uma forma simples e confortável para usar jogos virtuais em reabilitação.

Com a solução proposta, não é necessária a utilização e conexão de vários dispositivos, o que criaria desconforto ao nível do transporte e ao nível da montagem/desmontagem.

Testes de Usabilidade

Usabilidade é uma abordagem para o desenvolvimento de produtos, que incorpora, de forma direta, o *feedback* do utilizador ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, de forma a reduzir custos e a criar produtos e ferramentas que atendam as necessidades dos utilizadores [29].

De forma a obter o *feedback* dos utilizadores e com o objetivo de avaliar e validar o dispositivo, realizaram-se testes de usabilidade, através da observação direta, e do método pensamento em voz alta. Para testar o dispositivo proposto realizaram-se testes a uma amostra selecionada de forma aleatória, formada por cinco fisioterapeutas, dois elementos do sexo feminino e três do sexo masculino, com idades compreendidas entre 22 anos e 47 anos.

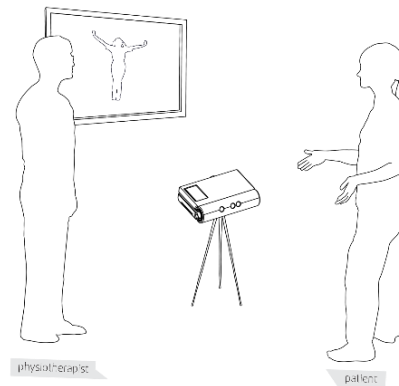


Figura 15. Posição dos utilizadores relativamente ao dispositivo.

Os testes foram concentrados em três aspetos da usabilidade: a eficácia, a eficiência e a satisfação.

Apesar de ser a primeira vez que interagiram com o dispositivo, os cinco utilizadores completaram todas as tarefas propostas com êxito e sem ajuda, nomeadamente: retirar o dispositivo do saco, colocar o dispositivo no local adequado para a sua utilização, ligar o dispositivo, conectar uma *pendrive* USB, interagir com o interface, desligar o dispositivo e colocar o dispositivo no saco.

No que diz respeito ao tamanho do dispositivo, os utilizadores ficaram surpreendidos pela positiva, pois não esperavam um produto tão pequeno, considerando-o bastante fácil de transportar e arrumar.

Relativamente ao seu funcionamento, consideraram bastante simples e intuitiva a sua utilização, encontrando facilmente o botão ON/OFF, assim como as entradas correspondentes a cada dispositivo a conectar (*pendrive* USB, cabo VGA, cabo de rede e colunas de som).

Relativamente ao *touchpad*, um dos utilizadores, numa primeira abordagem, manifestou algum desconforto ao abrir a proteção, dado ser esquerdino. Contudo, posteriormente, experimentou com a mão direita e considerou ser possível realizar a tarefa sem exercer um esforço suplementar.

Os cinco fisioterapeutas acharam o produto bastante interessante a nível estético e de funcionamento bastante intuitivo e consideraram que atingiu o objetivo para o qual foi desenvolvido. Salientaram que comprariam e aconselhariam colegas de profissão a comprar o dispositivo, caso estivesse disponível no mercado.

Do ponto de vista ergonómico, todos os produtos, sejam eles grandes ou pequenos, simples ou complexos, destinam-se a satisfazer certas necessidades humanas e, dessa forma direta ou indireta, entram em contacto com o homem. Para que esses produtos tenham um bom funcionamento ao nível da interação com os utilizadores ou consumidores, devem ter as seguintes características básicas: qualidade técnica, qualidade ergonómica e qualidade estética [22].



**Figura 16. Comparação de dispositivos a) atualmente
b) dispositivo proposto.**

CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO

Sendo um dos principais problemas no êxito dos planos de recuperação/reabilitação física de um paciente o facto de a repetição dos movimentos e exercícios necessários para cumprir o objetivo da recuperação serem desmotivadores, a questão do entretenimento do jogador/paciente pela sua envolvimento no jogo poderá e deverá ser um fator importante para o desenvolvimento de aplicações, tendo como objetivo a sua maior motivação e, por consequência, a maior eficácia dos planos de reabilitação fisioterapêutica.

Portanto, a investigação seguida pelos autores tem-se desenvolvido no sentido de perceber quais os exercícios que são mais utilizados na fisioterapia de pacientes com essas condições, para os adaptar às situações de jogo. Para este efeito, foi criada uma história que é baseada em algumas invenções de Leonard da Vinci, que, para além de proporcionar ao jogo um contexto, ao mesmo tempo acrescenta-lhe uma “natureza” cultural.

Para esse objetivo contribui o desenvolvimento dos cenários e personagens em 3D que permite e explora um relacionamento intrínseco entre o jogador/paciente, o “mundo virtual” que o envolve e as personagens que com ele comunicam diretamente.

Atualmente, o primeiro nível do jogo está terminado. Os testes preliminares foram realizados em ambiente de laboratório com pessoas saudáveis, para validar a atividade de jogo e verificar se há erros. Estes primeiros testes revelam que os jogadores não mostram qualquer tipo de dificuldade, quer na compreensão do desempenho do jogo, quer na eficácia dos resultados.

O dispositivo portátil para apoiar o uso de jogos digitais com a medicina física e profissionais de reabilitação motora, foi projetado para ser usado tanto em um ambiente clínico, bem como em um ambiente doméstico, tendo em conta questões de usabilidade e ergonomia. É nossa convicção que esses profissionais, bem como os seus pacientes, podem tirar proveito do uso potencialmente motivacional de jogos virtuais, para realizarem sessões de fisioterapia de uma forma mais fácil e conveniente, levando a uma recuperação mais eficiente.

O próximo passo será testar este nível de jogo nas clínicas, com pacientes e fisioterapeutas. Quando este nível for validado, segue-se o desenvolvimento dos outros níveis,

nomeadamente no que se refere ao detalhe/pormenorização do *Game Design*, cenários e personagens e o aperfeiçoamento da mecânica de jogo [18]. Acreditamos que o jogo oferece algumas vantagens em relação a outros jogos existentes, nomeadamente o mais amplo espectro de doenças a que pode ser aplicado.

A nível de equipamento físico de suporte ao jogo, deveremos considerar o desenvolvimento de acessórios para a integração com o dispositivo apresentado, como um suporte específico, um saco de transporte específico, um aplicativo de controlo remoto do *smartphone/tablet*, entre outros.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia pelo suporte financeiro através do projeto PEst-OE/EEI/UI0319/2014 e da bolsa de doutoramento SFRH/BD/74852/2010.

REFERÊNCIAS

1. Afonso, Í., Suzart, F., Carneiro, M., Matos, M., Oliveira, P., and Barros, R. *Doenças Neurológicas*. Faculdade de São Salvador, Salvador, Brasil, 2011.
2. Antonelli, P., and Curator, S. Video games: 14 in the collection, for starters. http://www.moma.org/explore/inside_out/2012/11/29/video-games-14-in-the-collection-for-starters.
3. Araújo, M., Martins, T., Carvalho, V., Marques, J. T., and Soares, F. O desenho de videogames na motivação de pacientes com necessidades de reabilitação fisioterapêutica. *CONFIA. 2nd International Conference on Illustration & Animation* (2013).
4. Burke, J. W., McNeill, D. J., Charles, D. K., Morrow, P. J., Crosbie, J. H., and McDonough, S. M. Optimising engagement for stroke rehabilitation using serious games. *Vis Comput*, 25, (2009), 1085-1099.
5. Carvalho, V., Leão, C., Soares, F., and Cunha, M. Games development for pedagogical and educational purposes. In: Cunha, M. M. C., Carvalho, V. H., Tavares P. (eds) *Business Technological and Social Dimension of Computer Games*. IGI-Global, Hershey (2011), 1-9.
6. Fernandez, E. *Computer games help people with Parkinson's disease*. San Francisco, CA: University of California, 2011.
7. Fonseca, F., Avaliação clínica do membro superior. <http://rihuc.huc.min-saude.pt/bitstream/10400.4/1278/1/Avalia%C3%A7%C3%A3o%20membro%20superior%20-%20alguns%20apontamentos.pdf>.
8. Graaf, A., *Gaming motion tracking technologies for rehabilitation*. Twente: Study Tour Pixel, 2010.
9. Groen, P. J., & Goldstein, D. Gaming technology, virtual reality and healthcare. *Virtual Medical World*. Shepherdstown, WV: Shepherd University, (2008).

10. Iida, I. *Ergonomia: Projeto E Produção*, 2nd Ed. Edgard Blücher, São Paulo, 2005.
11. Isbister, K. *Better game characters by design: a psychological approach*. Elsevier Inc., USA, 2006.
12. Johnston Health. Your Rehab Team. <http://johnstonhealth.org/services/healthcare-services/cardiology/cardiopulmonary-rehab/your-rehab-team/>.
13. Kilkenny, K. Are video games art? MoMA says yes. http://www.slate.com/blogs/browbeat/2012/11/29/momas_new_video_game_collection_museum_of_modern_art_proclaims_video_games.html.
14. Leder, R. S., Murillo, N., Ibarra, C. P., Gushiken, H. C., Anaya, G. M., Escalona, C. O., Nunez, I. S., Alvarez, A. G. Tyler, M. E., & Bach-y-Rita, P. Computer game motivating rehabilitation with objective measures of improvement in motor function. *Proceedings of the 23rd Annual International Conference of the IEEE, Engineering in Medicine and Biology Society* (2001), 1382-1390.
15. Lopes, O., Martins, T., Carvalho, V., and Matos, D. Design and development of a portable projection and natural interface device for virtual games applied to physiotherapy. *ICNAAM. 12th Int. Conf. Numer. Anal. Appl. Math.* (2014), 3–6.
16. Ma, M., & Bechkoum, K. Serious games for movement therapy after stroke. *Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man & Cybernetics* (2008), 1872-1877.
17. Maciel, A. *modelagem de articulações para humanos virtuais baseada em anatomia*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 2001.
18. Martins, T., Araújo, M., Carvalho, V., Soares, F., and Torrão, L. PhysioVinci – A first approach on a physical rehabilitation game. *The Fifth International Conference on Serious Games Development & Applications* (2014). Aceite para conferência.
19. Martins, T., Carvalho, V., and Soares, F. Application for physiotherapy and tracking of patients with neurological diseases – preliminary studies. In *IEEE 2nd International Conference on Serious Games and Applications for Health* (2013), 1-8.
20. Moritz, C., Morrison, T., Otis, B., Burt, J., Rios, D., Tilbertson, G., & McCoy, S. Neurogame therapy for improvement of movement coordination after brain injury – developing a wireless biosignal game therapy system. *Proceedings of the IEEE Global Humanitarian Technology Conference* (2011), 72-77.
21. Pereira, R., Guerreiro, T., Nicolau, H., Jorge, J., & Gonçalves, D. Laying the groundwork for assisted rehabilitation. *Proceedings of the European Conference on Cognitive Ergonomics (ECCE2010)* (2010).
22. Rodrigues, T., Carvalho, V., and Soares, F. Monitoring of patients with neurological diseases: development of a motion tracking application using image processing techniques. *International Journal of Biomedical and Clinical Engineering*, 2, 2 (2013), 37-55.
23. Ryan, M., Smith, S., Chung, B., Cossell, S., Jackman, N., Kong, J., Mak, O., and Ong, V. *Rehabilitation games – designing computer games for balance rehabilitation in the elderly*. ACM, Australia, 2009.
24. Souza, A. M. C., & Santos, S. R. Handcopter Game: a video-tracking based serious game for the treatment of patients suffering from body paralysis caused by a stroke. *Proceedings of the Symposium on Virtual and Augmented Reality* (2012), 201-209.
25. Tao, Y., & Hu, H. Building a visual tracking system for home-based rehabilitation. *Proceedings of the 9th Chinese Automation & Computing Society Conference*, (2003), 443-448.
26. Team ISA. The evolution of Super Mario Bros! <http://isatv.com/entertainment/old-school-super-mario-bros/>.
27. Teixeira, P. M., Félix, M. J., and Tavares, P. Handbook of research on serious games as educational, business and research tools – Chapter 11 – *Playing with design: the universality of design in game development*. IGI Global, USA, 2012.
28. Ulrich, K. T., and Eppinger, S. D. *Product design and development*, 4th Ed. Mc Graw Hill, New York, 2008.
29. Usability Professionals' Association, What is Usability? http://www.usabilityprofessionals.org/usability_resources/about_usability/definitions_of_usability.html.
30. Vanacken, L., Notelaers, S., Raymaekers, C., Coninx, K., van den Hoogen, W., IJsselsteijn, W., & Feys, P. Game-based collaborative training for arm rehabilitation of MS patients: A proof-of-concept game. *Proceedings of the GameDays* (2010), 65-75.
31. Velazco, W. M. Desarrollo de los medios básicos para diseñar sistemas robóticos de rehabilitación motora fina por movimientos funcionales. Tesis de maestría en Robótica. Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de León, Oaxaca, Mexico, 2013.