

Desenvolvimento de um Jogo Sério Usando OpenCV para Reabilitação da Função Manual

Erik Costa Souza, Jorge Luis Quenta Suzano, Ana Grasielle Dionísio Corrêa

Faculdade de Computação e Informática – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Rua da Consolação, 930, CEP: 01302-000 – São Paulo– SP – Brasil
erikcostasouza@hotmail.com, jorge_suzano@hotmail.com,
ana.correa@mackenzie.br

***Abstract.** The daily activities that humans perform are, in majority, executed with the employment of hands. However, there are innumerable individual who have suffered strokes, were born with cerebral palsy, or have underwent surgery as a result of workplace related accidents, for example, thus need the rehabilitation of their hand motor function. The objective of this project is to adapt the videogame "Mario" utilizing a computer vision library, OpenCV, to assist in manual function rehabilitation. It is intended that this game helps in the virtual rehabilitation area.*

***Resumo.** As atividades diárias do ser humano são, majoritariamente, realizadas com auxílio das mãos. No entanto, são inúmeras as pessoas que sofreram Acidente Vascular Cerebral, nasceram com Paralisia Cerebral ou passaram por cirurgias decorrentes de acidente de trabalho, por exemplo, e, assim, necessitam de reabilitação das mãos. O objetivo deste trabalho foi adaptar o jogo de plataforma "Mario" usando uma biblioteca gráfica de visão computacional, o OpenCV, para apoiar a reabilitação da função manual. Espera-se que este jogo possa contribuir com a área de reabilitação virtual.*

1. Introdução

O uso de videogames como ferramenta de apoio no processo de reabilitação ganhou força nos últimos anos emergindo uma nova área de pesquisa denominada gameterapia [KILICOGU, Emine ARSLAN; ARAL, Neriman, 2018]. Atualmente a gameterapia vem sendo muito utilizada nas sessões de reabilitação motora, tanto em hospitais como em clínicas.

A gameterapia consiste em uma modalidade de tratamento de saúde que faz uso de jogos sérios para reabilitação motora. Pode ser aplicada tanto na reabilitação motora fina, por exemplo mãos e dedos, como também para reabilitação motora global, por exemplo equilíbrio, membros superiores e inferiores [Brandão 2014]. A literatura mostra evidências de que os jogos sérios podem melhorar as capacidades físicas e cognitivas das pessoas [C.L. Hee, T.H. Chong, D. Gouwanda, A.A. Gopalai, 2017].

Apesar dos benefícios, a gameterapia atualmente faz uso de consoles de games que não permitem estimular os movimentos mais finos do corpo humano como as mãos e dedos. Kinect e Wii, por exemplo, são videogames muito usados em sessões

de gameterapia, mas atualmente seus recursos de interação só possibilitam trabalhar a motricidade mais global como equilíbrio e membros superiores [Corrêa et al., 2019]. Por esse motivo, é necessário investir esforços no desenvolvimento de jogos sérios que permitam estimular esses movimentos mais finos das mãos.

O objetivo deste trabalho, portanto, foi desenvolver um jogo sério para apoiar a reabilitação da função manual. O jogo permite estimular movimentos de abrir e fechar as mãos, movimentos de Grasp. O jogo foi implementado usando a biblioteca OpenCV integrada à linguagem Python e, portanto, é caracterizada como interface gestual, termo também conhecido como interface natural do usuário. Foi possível neste trabalho implementar um protótipo do jogo que captura movimentos das mãos com bastante precisão.

Além desta seção introdutória, o artigo está dividido em mais 4 seções: a seção 2 apresenta Conceitos e Trabalhos Relacionados, onde é detalhado a base do nosso projeto; a seção 3 mostra como foi o desenvolvimento do Jogo, desde a parte técnica até seu modo de utilização; e a seção 4 mostra a Conclusões e Trabalhos Futuros

2. Fundamentação Teórica

2.1. Reabilitação Motora Fina

A reabilitação motora trabalha os músculos e articulações. Pode ser utilizada para tratar algum tipo de incapacidade física ou dor que impossibilitem o indivíduo de realizar, com independência, as atividades comuns de vida diária, tais como se vestir, tomar banho, se alimentar, se proteger e/ou caminhar [Brandão 2014]. Esse processo tem algumas implicações por ser longo e requer um fisioterapeuta para orientar o paciente.

As habilidades motoras finas referem-se na forma de uso das mãos e na coordenação de pequenos músculos que controlam os dedos. A reabilitação motora fina é recomendada para pessoas que não conseguem realizar com sucesso os movimentos básicos das mãos nas atividades de vida cotidiana, como por exemplo pessoas que tiveram um Acidente Vascular Cerebral (AVC), indivíduos com lesão medular, síndrome de Down, Paralisia Cerebral (PC), entre outras. Os exercícios repetitivos aplicados durante a reabilitação das mãos buscam melhorar a coordenação motora fina e trazer aumento de força muscular e flexibilidade nos dedos e punhos.

2.2 Gameterapia e Jogos Sérios

O uso de vídeo games e realidade virtual em tratamentos de fisioterapia é uma atividade atualmente conhecida como Gameterapia [Phillips, William R, 1991]. Essa atividade visa auxiliar o trabalho dos fisioterapeutas através de jogos projetados especialmente para facilitar o processo de reabilitação e através de ferramentas que monitoram os movimentos dos jogadores e geram um conjunto de dados estatísticos sobre a evolução do paciente.

Alvarez et al. (2011) definiu jogos sérios como sendo “*uma aplicação computadorizada, onde a intenção original é combinar com consistência, aspectos sérios (sérios) como não exaustiva e não exclusiva de ensino, aprendizagem, comunicação ou informação, com molas lúdicas dos videogames (jogo)*”. Mas nada impede as pessoas de jogar um videogame, originalmente dedicado ao entretenimento, adotando uma postura de “seriedade”. Muitos exemplos podem ser identificados no setor de saúde. Por isso, o uso de terapias envolvendo o uso de jogos sérios têm sido cada vez mais usadas para conectar os propósitos de aprendizagem e a tecnologia da indústria de videogames. Assim, os designers dos Jogos Sérios conseguem usar o interesse das pessoas no jogo, para capturar sua atenção para propósitos de aprendizagem ou de desenvolvimento de habilidades, sem deixar de lado seu caráter lúdico [DE MORAES, 2011].

A reabilitação motora quando apoiada pelos jogos sérios pode favorecer para que o paciente fique motivado a treinar com mais frequência e por um longo período. O feedback fornecido pelos jogos constrói e reforça a sua motivação e recuperação.

2.3 Interfaces baseadas em gestos

Jogos sérios para reabilitação geralmente utilizam interface natural. De acordo com [Alvarenga, 2012], as interfaces naturais de usuário, (do inglês, Natural User Interfaces–NUI) são baseadas em gestos e visam uma melhor interação com os sistemas computacionais. Em outras palavras, NUI consiste em uma camada de software que utiliza o comportamento humano (por exemplo, gestos, movimentos e comandos de voz) interações dos usuários com o computador de forma interativa.

Exergames são modalidades de jogos baseados em NUIs. Esses videogames, como o Kinect, capturam e virtualizam os movimentos do usuário para controle do jogo. Tais tecnologias possibilitam uma baixa curva de aprendizado, facilitando o entendimento dos movimentos pelo paciente com a execução antecipada do fisioterapeuta e permitindo um fácil acompanhamento do profissional da área [Silva et al. 2012].

2.4 Trabalhos correlatos

A literatura mostra o potencial dos jogos sérios baseados em gestos aplicados na reabilitação motora. utilizaram o Nintendo® Wii Balance Board® para melhorar o equilíbrio de pacientes com lesão cerebral através de exercícios motivacionais e adaptativos. Os resultados experimentais mostraram que, após 20 sessões de reabilitação, os pacientes que usaram o jogo tiveram uma melhora significativa no equilíbrio estático em comparação aos pacientes submetidos à terapia tradicional.

Em outro estudo [K. Sato, K. Kuroki, S. Saiki, R. Nagatomi, 2015], o videogame Xbox 360 Kinect® foi usado para melhorar a força muscular e o equilíbrio de idosos saudáveis. Os resultados deste estudo indicaram que a marcha, a força muscular e a função motora melhoraram nos participantes do grupo de intervenção comparado ao grupo controle, após 24 intervenções.

O Nintendo® Wii Balance Board® foi utilizado em estudo recente para melhorar o equilíbrio e desempenho da caminhada em pacientes submetidos à ressecção e reconstrução do joelho causado por tumor primário ósseo. As sessões de reabilitação com o jogo foram realizadas duas vezes ao dia, durante 25 minutos de treinamento para

controle postural e proprioceptivo. Os autores concluíram que houve melhora na velocidade de caminhada e controle postural na posição de pé no grupo experimental em comparação ao grupo controle.

Portanto, os jogos sérios são importantes no processo de reabilitação porque permitem gamificar atividades e torná-las mais estimulantes e motivadoras. Além de permitir armazenar dados sobre a evolução do tratamento [CORRÊA et al., 2019].

3. Desenvolvimento do Jogo Hand Mario

3.1. Metodologias para Design do jogo

O processo e metodologias de desenvolvimento do jogo são descritos nesta seção. Onde vamos comparar a metodologia de Novac que fui escolhido para o desenvolver o jogo HandMario entre outros.

Novac [Novack, 2010] descreve as oito fases do processo de desenvolvimento de jogos utilizadas pela indústria de jogos, conforme é apresentado na Tabela I. Apesar de ser usado com sucesso pela indústria de jogos, ele não é para treinamento nem tem suporte a avaliação.

Chandler [Chandler, 2012] descreve uma estrutura básica do processo geral de produção de jogos, a partir do ponto de vista do produtor, conforme é apresentado na Tabela I. Ele também descreve uma lista de verificação das atividades para cada fase. Em jogos maiores e com riscos altos, o processo de produção é iterativo e com vários ciclos de produção, por exemplo, execução das quatro etapas para a criação do primeiro protótipo jogável, seguido da execução novamente de todas as etapas para produção do segundo protótipo jogável, e assim por diante até a versão final. A limitação desta estrutura básica é não contemplar os processos e requisitos para simulação de treinamentos e simulação.

Schuytema [Schuytema, 2008] descreve três grandes períodos no ciclo de desenvolvimento, sob a perspectiva de designers: Préprodução; Produção e Pós-produção, conforme apresentado na Tabela I. As limitações são referentes a ser uma metodologia para designers, assim ela não contempla os processos de M&S nem o do

treinamento.

TABELA I. PROCESSOS DE DESENVOLVIMENTO DE JOGOS

Autor/ Características	Novac/ 2010 [Novack, 2010]	Chandler/ 2012 [Chandler, 2012]	Schuytema/ 2008 [Schuytema, 2008]
Fases	8	4	3
Perspectiva	indústria de jogos	produtor	designers
Conceito	Jogar o clássico Mario Bros e executando comando utilizando a mão para tal finalidade de estimular os pacientes em processo de reabilitação da mão a game terapia, usando apenas um computador.	Não tem	Não tem
PréProdução	Estudar e pesquisar a bibliotecas que tem como finalidade mapear e detectar os movimentos das mãos utilizando visão computacional	conceito, requisitos do jogo (de arte, design e engenharia), planejamento do projeto, e avaliação de risco	conceito do jogo, brainstorming, documento de design
Protótipo	Uma tela que detecta os movimentos do usuário e a segunda tela para exibir o jogo HandMario e sua mecânica e sua diversão com as musicas de fundo clássico.	Não tem	Não tem

3.2. Levantamento de necessidades

A concepção do jogo Hand Mario partiu de uma demanda de pacientes que necessitam de reabilitação das mãos. Portanto, têm aplicabilidade de utilização por pessoas que sofreram um AVC, ou nasceram com PC, ou passaram por cirurgia decorrentes de acidente de trabalho, entre outras. Geralmente, o tratamento convencional desses pacientes é repetitivo, cansativo e longo. Isso porque, além das manobras manuais passivas, aplicadas pelo fisioterapeuta e indicadas para alongamento de tecidos biológicos como tendões, ligamentos e cápsulas, são necessários exercícios que estimulem a ativação e o fortalecimento muscular.

Fisioterapeutas acreditam que a inserção de um jogo sério nesse processo pode aumentar o engajamento desses pacientes na terapia, além de fornecer informações importantes das mãos durante a prática com o jogo, tais como posição, velocidade e tempo de elevação dos dedos (a partir da mão fechada).

3.3. Levantamento e Especificação de requisitos

A partir de uma análise da literatura e de reuniões com fisioterapeutas, decidiu-se criar um jogo para estimular movimentos de grasp (abrir e fechar as mãos). Após análise, decidiu-se pelos seguintes requisitos em vista a tornar o jogo útil para reabilitação da função manual:

- O jogo deve estimular movimentos de grasp (abrir e fechar as mãos).
- O jogo deve permitir realizar exercícios bilateralmente (ambas as mãos, uma de cada vez e ambas as mãos simultaneamente).
- O jogo deve possibilitar salvar dados dos pacientes para análise.
- O jogo deve ser atrativo para crianças e adolescentes.

3.4. Ambiente de Desenvolvimento

O jogo foi desenvolvido no ambiente da IDEA Pycharm. Trata-se de um ambiente de desenvolvimento integrado usado em programação de computadores, especificamente para a linguagem Python. Foi necessário integrar as seguintes bibliotecas:

- OpenCV (Open Source Computer Vision): biblioteca de programação, de código aberto e inicialmente desenvolvida pela Intel com o objetivo de tornar a visão computacional mais acessível a desenvolvedores. Possui várias funções de captura de gestos e pode ser integrada em diversas linguagens de programação (C ++, Python, Ruby, Java, entre outras). Também é usada para diversos tipos de análise em imagens e vídeos, como detecção, tracking e reconhecimento facial, edição de fotos e vídeos, detecção e análise de textos, etc.
- TensorFlow: plataforma para Aprendizagem de Máquina (do inglês Machine Learning - ML) de código aberto. Possui um ecossistema abrangente e flexível de ferramentas, bibliotecas e recursos que permite aos desenvolvedores criar e implantar aplicativos com tecnologia de ML.

- PyGame: biblioteca de jogos multiplataforma utilizada em conjunto com a linguagem de programação Python. O seu nome tem origem da junção de Py, proveniente de Python e Game.
- Nes-Py: emulador NES e interface OpenAI Gym para MacOS, Linux e Windows baseado no emulador SimpleNES.

Neste trabalho, a biblioteca OpenCV foi utilizada para mapear, tratar e detectar os movimentos da mão; o TensorFlow foi utilizado para otimizar o carregamento de frames visualizados pelo usuário; o PyGame foi necessário para incrementar sons para o desenvolvimento do game; Nes-Py foi necessário para ambientar e implementar o clássico game Mario Bros.

3.5. Fluxograma do jogo

O jogo Hand Mario é constituído de duas telas que são apresentados ao jogador: Tela de Jogo (Figura 1a) e Tela de Controle (Figura 1b). O objetivo do jogador é controlar o personagem Mario, com os movimentos das mãos aberta e fechada, e desviar dos obstáculos para conseguir chegar no final do mapa. Os obstáculos dos jogos são as criaturas que aparecem para neutralizar o Mario e impedir de chegar até o fim do mapa.



Figura 1. (a) Tela do jogo Hand Mario (b) Tela de captura de controle do jogo

A Tela de Controle mostra três áreas em que o jogador pode exibir seus movimentos e controlar o personagem Mario:

1. Área da Esquerda: responsável por mapear os movimentos que direcionam o Mario para o lado esquerdo da tela; se a mão está aberta, o Mario pular para o lado esquerdo; ou se a mão estiver fechada o Mario apenas corre para o lado esquerdo.
2. Área da Direita: responsável por mapear os movimentos que direcionam o Mario para o lado direito da tela; se a mão está aberta, o Mario pular para o lado direito; ou se a mão estiver fechada o Mario apenas corre para o lado direito.
3. Área do meio: responsável por mapear os movimentos que direcionam o Mario, se a mão está aberta o Mario pula na mesma posição em que está na tela; ou se a mão estiver fechada o Mario apenas permanece parado na sua posição atual.

O fluxograma apresentado na Figura 2 mostra o funcionamento do jogo.

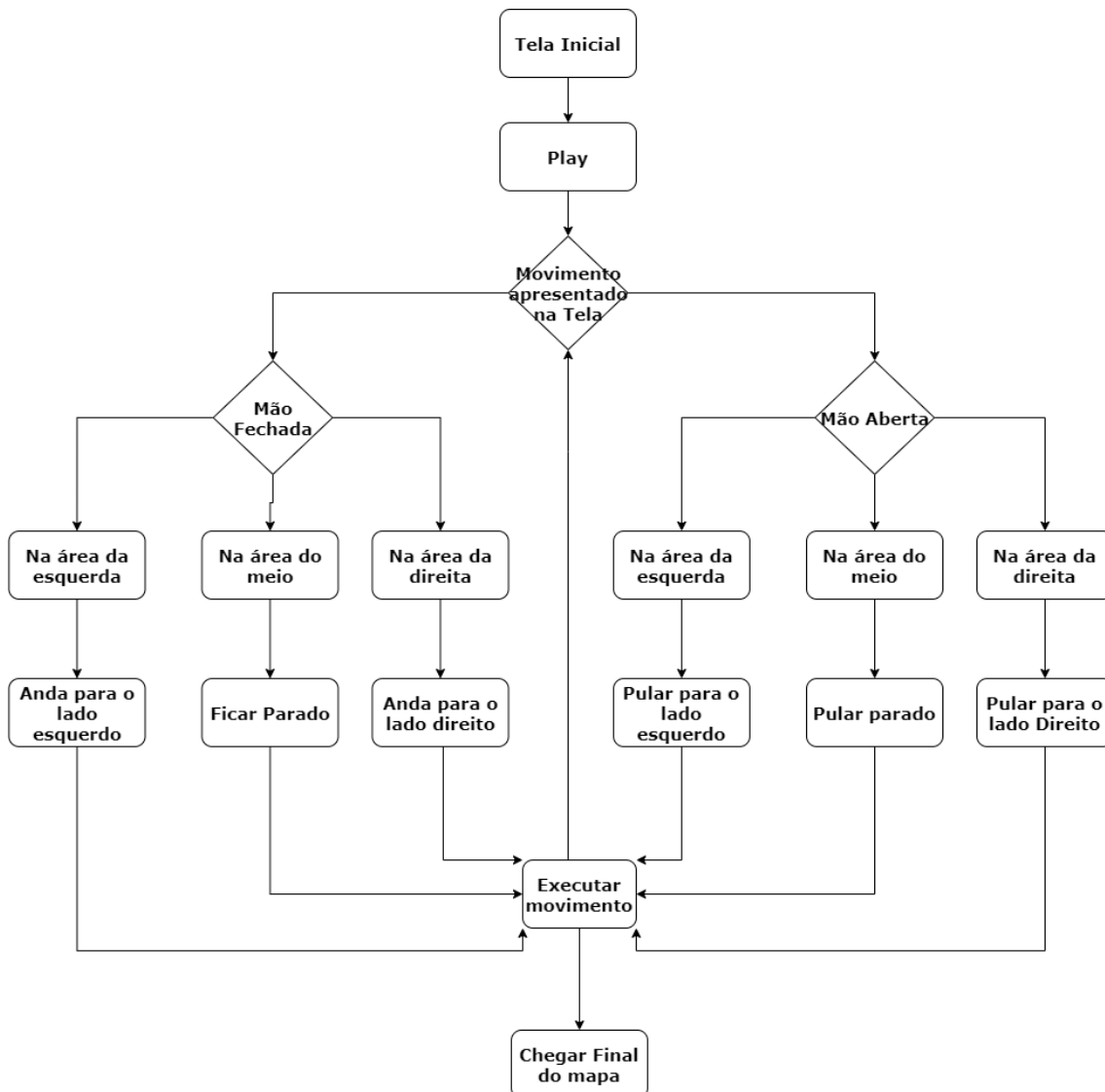


Figura 2. Fluxograma de funcionamento do jogo Hand Mario

3.6. Requisitos para Utilização do jogo

Atualmente o jogo está em fase de protótipo e precisa ser aberto em sua ferramenta de desenvolvimento. Pode ser executado em computadores desktop e/ou notebook com sistema operacional Windows. Para tanto é necessário executar os seguintes passos:

1. Instalar a linguagem Python versão 3.0 ou superior.
2. Instalar as bibliotecas OpenCV, TensorFlow, Nes-py, PyGame. A instalação pode ser feita através do “pront de comando” utilizando a seguinte linha de comando “pip install nome_da_biblioteca”.
3. Entre no link: <https://github.com/TrabalhoConclusaodeCurso/HandMario> e fazer o download do código do game HandMario
4. Abrir o jogo com a ferramenta IDE PyCharm.

5. Após abrir a Clicar em Run no canto direito acima da tela do PyCharm.
6. Testar o jogo.

4. Conclusões e Trabalhos Futuros

O objetivo principal deste trabalho foi criar um jogo sério para apoiar o processo de reabilitação de pacientes que necessitam melhorar ou manter a capacidade funcional das mãos. O jogo tem aplicabilidade de utilização com crianças e adolescentes com síndrome de down e paralisia cerebral, mas pode também ser útil para outras patologias como AVC.

A proposta deste jogo pode ser um importante aliado para estimular e favorecer a realização de movimentos controlados e repetitivos, por meio de uma interface lúdica. Esta, envolve o interesse da criança em se divertir e a necessidade terapêutica da realização de exercícios de forma ativa e controlada. O recrutamento dos músculos que se relacionam com a articulação das mãos, é primordial para as coordenadas ações dos membros superiores e para o desempenho das diversas funções manual de deslocamento e locomoção do ser humano. O estabelecimento de uma rotina que possa por meio digital proporcionar uma série de movimentos ativos com elementos distrativos e envolventes, coaduna com a necessidade terapêutica da manutenção do alongamento dos tecidos conjuntivos da região, assim como o recrutamento das unidades motoras essenciais para as funções acima descritas.

Como trabalhos futuros, pretendemos adicionar novas funcionalidades ao jogo tais como estimulação de novos movimentos da mão que auxiliam no desenvolvimento da função manual dos movimentos. A continuidade desse estudo piloto prevê a realização de um ensaio clínico controlado, com um número relevante de participantes, para que possa ser obtida alguma evidência científica desse modelo de intervenção para o tratamento de Osteoartrite. A partir das evidências geradas, torna-se mais segura a aplicação de um protocolo baseado em jogos sérios e o tratamento poderá ser estendido a crianças com outras doenças que também envolvem alterações nos membros superiores manuais, como síndrome de down, reumatoide e paralisia cerebral.

5. Agradecimento

Nossos agradecimentos a nossa orientadora Ana Grasielle Dionísio Corrêa. Queremos também agradecer aos fisioterapeutas que ajudaram fornecendo requisitos para desenvolvimento do jogo.

6. References

ALVARENGA, Matheus Lin Truglio; CORREA, Diogo Ortiz; OSÓRIO, Fernando Santos. Redes Neurais Artificiais aplicadas no Reconhecimento de Gestos usando o Kinect. In: Anais do Computer on the Beach, Florianópolis, 2012.

BÔAS, A. V.; FERNANDES, W. L. M.; SILVA, A. M.; SILVA, A. T., 2013. Efeito da Terapia Virtual na Reabilitação Motora do Membro Superior de Crianças Hemiparéticas.

Revista Neurociências, v. 4, n. 21, p. 556- 562.

Boulic, R. and Renault, O. (1991) “3D Hierarchies for Animation”, In: *New Trends in Animation and Visualization*, Edited by Nadia Magnenat-Thalmann and Daniel Thalmann, John Wiley & Sons Ltd., England.

BRANDÃO, Sissy Adolfina Frithz. *Transferência Intermanual da Aprendizagem: Estudo em Idosos de Nacionalidades Distintas numa Tarefa de Destreza Manual Fina*. 2014.

BALISTA, Vania Gabriella. *Sistema de realidade virtual para avaliação e reabilitação de déficit motor*. *Proceedings do XII Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital*, p. 16-18, 2013.

CORRÊA, Ana Grasielle Dionásio; KINTSCHNER, Natália Regina; BLASCOVI-ASSIS, Silvana Maria. *System of Upper Limb Motor Rehabilitation Training Using Leap Motion and Gear VR in Sessions of Home Game Therapy*. In: *2019 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC)*. IEEE, 2019. p. 1097-1102.

C.L. Hee, T.H. Chong, D. Gouwanda, A.A. Gopalai, C.Y. Low, F.A. binti Hanapiah, “Developing interactive and simple electromyogram PONG game for foot dorsiflexion and plantarflexion rehabilitation exercise”, *39th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 2017, pp. 275- 278

Dyer, S., Martin, J. and Zulauf, J. (1995) “Motion Capture White Paper”, http://reality.sgi.com/employees/jam_sb/mocap/MoCapWP_v2.0.html, December.

DE MORAES, A. M., MACHADO, L. S., VALENÇA, A. M. G., 2010. *Serious Games na Odontologia: Aplicações, Características e Possibilidades*. In: *XII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde*, Porto de Galinhas –PE.

H.M. Chandler. “Manual de Produção de Jogos Digitais”. Porto Alegre: Bookman, 2012.

Holton, M. and Alexander, S. (1995) “Soft Cellular Modeling: A Technique for the Simulation of Non-rigid Materials”, *Computer Graphics: Developments in Virtual Environments*, R. A. Earnshaw and J. A. Vince, England, Academic Press Ltd., p. 449-460.

J. Novack. “Desenvolvimento de Games - Tradução da 2a. edição norteamericana”. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

KILICOGLU, Emine ARSLAN; ARAL, Neriman. *Game Therapy and Connection*. *Educational Sciences Research in the Globalizing World*, p. 52, 2018.

K. Sato, K. Kuroki, S. Saiki, R. Nagatomi, “Improving walking, muscle strength, and balance in the elderly with an exergame using Kinect: A randomized controlled trial”, *Games for health journal*, vol.4, n.3, 2015, pp. 161-167.

Knuth, D. E. (1984), *The TeXbook*, Addison Wesley, 15th edition.

P. Schuytema. “Design de Games: Uma Abordagem Prática”. São Paulo: Editora Cengage Learning, 2008.

PHILLIPS, William R. *Video-game therapy*. *The New England journal of medicine*, 1991.

Physioplay: Um exergame para reabilitação física aplicando a interatividade do Kinect® como biofeedback visual. In: *IX Workshop de Realidade Virtual e Aumentada*, Paranavaí.

SÉRGIO FILHO, F. F. Uso de Jogos Sérios para Auxiliar na Reabilitação Motora de Pacientes com Espondilite Anquilosante.

Smith, A. and Jones, B. (1999). On the complexity of computing. In *Advances in Computer Science*, pages 555–566. Publishing Press.