

Physio Games - Ambiente de Integração de Jogos Sérios para Reabilitação Física de Amputados

Douglas Aquino T. Mendes¹, Érico M. Hoff do Amaral¹, Julio Saraçol D. Júnior¹

¹Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)

{douglasteixeira,ericoamaral,juliodomingues}@unipampa.edu.br

Abstract. *Physical therapy sessions can be demotivating for patients who have suffered an amputation. This work aims to improve the Tennis Physio system, contemplating a greater variety of serious games that help in rehabilitation, providing data about the patient, making the evaluation less subjective, and leading the patient to the state of Flow to improve the results of the sessions. For this, a simulation environment was developed where the patient could perform different movements while playing. Movement information is captured through a mobile application and sent to a sensor node composed of a NodeMCU. The captured data can be analyzed later by the physiotherapists through a visualization system. Some initial experiments were performed, and modifications were proposed based on feedback.*

Resumo. *As sessões de fisioterapia podem ser desmotivantes para os pacientes que sofreram amputação. Este trabalho visa aprimorar o sistema Tennis Physio, contemplando uma maior variação de jogos sérios que auxiliam na reabilitação fornecendo dados sobre o paciente tornando a avaliação menos subjetiva, e conduzindo o paciente ao estado de Flow com objetivo de melhorar os resultados das sessões. Para isso, foi desenvolvido um ambiente de simulação onde o paciente pode executar diferentes movimentos enquanto joga, as informações de movimento são capturadas por meio de um aplicativo mobile e enviadas a um nó sensor composto por um NodeMCU. Os dados capturados podem ser analisados posteriormente pelos fisioterapeutas por meio de um sistema de visualização. Alguns experimentos iniciais foram executados e a partir dos feedbacks, modificações foram propostas.*

1. Introdução

A amputação é um procedimento complexo que envolve a remoção total ou parcial de uma das extremidades do corpo. Dependendo da gravidade da condição, pode ser a única opção viável. Entretanto, pode causar uma série de dificuldades físicas e psicológicas para o paciente. Os membros superiores e inferiores do corpo humano são fundamentais para realizar uma ampla variedade de tarefas, desde as mais básicas, como locomoção, higiene e alimentação [Glecykely dos Reis 2012].

Existem diversas situações que podem levar a uma amputação, como por exemplo, acidentes de trânsito, doenças como diabetes ou malformações dos membros [Gabrielli Gava FERREIRA 2017]. Para ajudar na recuperação do paciente, profissionais de saúde como fisioterapeutas e psicólogos bem equipados são essenciais. No entanto, é comum que o paciente perca a motivação durante o tratamento, seja por fatores internos

ou externos. O paciente pode esperar resultados rápidos da fisioterapia e, quando isso não ocorre, pode sentir-se desapontado e desmotivado. Esse tipo de frustração pode resultar em uma diminuição de empenho na realização de técnicas e exercícios fisioterapêuticos, tanto durante as sessões quanto em casa. Além disso, aparelhos e equipamentos de baixa qualidade para a fisioterapia também podem contribuir para a desmotivação do paciente [CARCI 2023].

Neste contexto, é possível observar lacunas e oportunidades de pesquisa para soluções computacionais que auxiliem os fisioterapeutas na reabilitação física de amputados, como por exemplo, personalização da reabilitação com base nas necessidades individuais dos pacientes, monitoramento da evolução dos pacientes de forma mais precisa e eficiente, e o desenvolvimento de técnicas de estimulação sensorial e motora mais eficazes. Com o exposto, foi iniciado o projeto procurando modos de tornar as sessões de fisioterapia mais lúdicas, visto que algumas sessões, por abrangerem apenas alguns movimentos sem um segundo objetivo, tendem a desmotivar o paciente. Além disso, procura-se auxiliar os profissionais da saúde a averiguar o desempenho e desenvolvimento do paciente de uma forma menos empírica, dado que a averiguação, geralmente, se dá por observação humana. Com isso, o desenvolvimento deste trabalho foi iniciado a partir da demanda do Serviço de Reabilitação Física (SRF) do município de Bagé/RS, por ferramentas para apoio nas intervenções fisioterapêuticas em amputados de membros superiores e inferiores. Diante da demanda, foi proposto o protótipo de um sistema em hardware e software, de baixo custo, que utiliza um jogo sério para instigar os pacientes a alcançarem o estado de *Flow*, o que pode maximizar os resultados durante as sessões de reabilitação física. O *Flow* é um estado mental onde uma pessoa realiza uma atividade e se sente totalmente imersa, com foco total no que está fazendo e por consequência, perde o sentido de espaço e tempo [Csikszentmihalyi and Isabella Selega 1988]. Além disso, o protótipo também disponibiliza uma ferramenta para auxiliar os fisioterapeutas no diagnóstico e acompanhamento dos pacientes durante as sessões. O protótipo resultante foi capaz de simular uma partida de tênis de mesa e disponibilizar dados de desempenho para que os fisioterapeutas sejam capazes de avaliar a evolução do paciente de uma forma menos subjetiva.

Após os experimentos e avaliações iniciais da primeira versão, foi possível identificar possíveis melhorias do sistema as quais objetivam que o paciente seja conduzido mais facilmente ao estado de *Flow* e visam melhorar a interação do paciente com o jogo. Somado a isso, espera-se estimular o paciente a ampliar a amplitude dos movimentos ao desenvolver seu condicionamento físico, tornando a dor nas sessões menos perceptível. Ademais, outros aprimoramentos visam facilitar o uso e configuração do sistema pelos profissionais da saúde, e que os dados de desempenho sejam mais precisos. Também foram identificados possíveis melhorias de hardware, como a possibilidade de substituir o Arduino mega 2560 utilizado juntamente com o módulo Bluetooth HC-05, pela placa NodeMCU ESP32 que possui além do microcontrolador, o módulo Bluetooth acoplado, diminuindo então o preço e o tamanho da solução. Este artigo está organizado da seguinte forma: a seção dois apresenta os principais conceitos para o melhor entendimento do projeto e os trabalhos correlatos. A seção três apresenta a modelagem da solução proposta e as modificações arquiteturais do Game Physio em relação ao projeto antecedente. Por fim, na seção quatro são apresentadas as avaliações iniciais efetuadas, e as conclusões do trabalho.

2. Trabalhos Correlatos

Nesta seção serão apresentados os trabalhos que se correlacionam com a solução proposta, no qual foram selecionados dois trabalhos que se assemelham ao objetivo proposto. Os critérios utilizados para a escolha dos trabalhos foram baseados nas seguintes perguntas, com respostas binárias do tipo sim ou não, “O trabalho escolhido é um jogo que auxilia sessões de fisioterapia de membros superiores e/ou inferiores?”, “Há a utilização de algum tipo de sensor na proposta?” “O trabalho contém imagens e descrições sobre a elaboração da solução?”. Com base nas respostas das perguntas foram listados os trabalhos que se relacionavam com a solução proposta neste trabalho.

O Motion Rehab AVE 3D é um exergame desenvolvido por [VERGOUWEN 2020], que utiliza a Game Engine Unity em conjunto com dispositivos de captação de movimentos e visualização em realidade virtual para proporcionar uma ferramenta de apoio ao processo de reabilitação convencional. Por outro lado, O estudo conduzido por [Akbulut and Aydin 2019] tem como objetivo desenvolver jogos sérios para auxiliar na redução das dores fantasmas em pacientes amputados. Para isso, foram utilizados sensores sEMG16 para coletar dados de atividade muscular, o sensor Kinect e Óculos Rift. O jogo é composto por quatro mini-jogos desenvolvidos no Unity 3D, cada um com funcionalidades específicas.

O Tennisgame Physio é a versão anterior do atual projeto, o estudo feito por [Pinheiro and Júnior 2021] visa desenvolver uma solução computacional que utilize um jogo sério para auxiliar os profissionais de fisioterapia na reabilitação de amputados de membros superiores e inferiores na fase pré e pós-protética. É criado um simulador de tênis de mesa com o objetivo de levar o paciente ao estado de *Flow* durante a sessão de reabilitação e os profissionais de fisioterapia têm acesso a uma ferramenta integrada para acompanhar o progresso dos pacientes durante as sessões.

3. Referencial teórico

A fisioterapia busca reduzir o desconforto e promover o retorno gradual do paciente à sua rotina, melhorando sua qualidade de vida. Dentre as categorias de exercícios terapêuticos utilizados, destacam-se mobilização passiva e ativa, alongamentos, exercícios isométricos e isotônicos. Além disso, a área da informática tem ganhado destaque na área médica, com diversos estudos e soluções desenvolvidas para auxiliar os profissionais de saúde.

A informática médica é uma área ampla e relevante para os profissionais de saúde, abrangendo desde tecnologias de suporte à tomada de decisão até soluções de instrumentação para procedimentos médicos mais eficazes. Um exemplo é a utilização de Realidade Virtual (RV) com a metodologia de gamificação para auxiliar no processo de reabilitação física.

4. Physio Games - Ambiente de Integração de Jogos Sérios para Reabilitação Física de Amputados

A proposta deste trabalho é aprimorar o sistema desenvolvido para auxiliar nas sessões de fisioterapia de amputados, utilizando jogos sérios, um nó sensor e uma solução *mobile*. Inicialmente, os requisitos foram analisados e definidos através de uma entrevista aberta com os fisioterapeutas do SRF, onde os requisitos funcionais essenciais e desejáveis foram identificados.

A solução proposta envolveu sensores presentes em um *Smartphone*, a plataforma de prototipagem Arduino com um módulo Bluetooth, o usuário (paciente e fisioterapeuta) e o sistema (jogo desenvolvido em Unity 3D). O aplicativo desenvolvido capta os movimentos do *Smartphone* por meio do sensor giroscópio. A arquitetura foi implementada por meio da placa de prototipagem Arduino e o módulo HC-05 que recebe os dados de movimentação via comunicação Bluetooth com o Smartphone, e os encaminha via comunicação Serial para o jogo desenvolvido em Unity 3D. A ferramenta possui dois modos de visualização: o primeiro referente a interfaces dos jogos para os pacientes, e o segundo a interface da ferramenta para gerenciar as informações dos pacientes durante as sessões. No final da sessão, são apresentados os dados obtidos durante o jogo, incluindo o placar, modo de jogo, tempo decorrido, e as informações que mudam dependendo do jogo, além dos coeficientes de efetividade e desempenho do paciente nas partidas.

O jogo inicial proposto foi um simulador de uma partida de tênis, onde é possível movimentar a raquete virtual lateralmente para rebater os saques de um *bot* adversário. O cenário do jogo é apresentado na Figura 1(a). Com o objetivo de explorar outros tipos movimentos e melhorar a experiência do paciente para a condução do estado de *Flow*, este trabalho propõe a criação de outras fases/jogos estendendo da proposta de [Pinheiro and Júnior 2021] para o ambiente denominado Physio Games. Como primeira modificação, foi proposta uma nova fase baseado no jogo *Space Invaders*. O objetivo é explorar diferentes movimentações do paciente. A tela do jogo desenvolvido é apresentada na Figura 1(b).

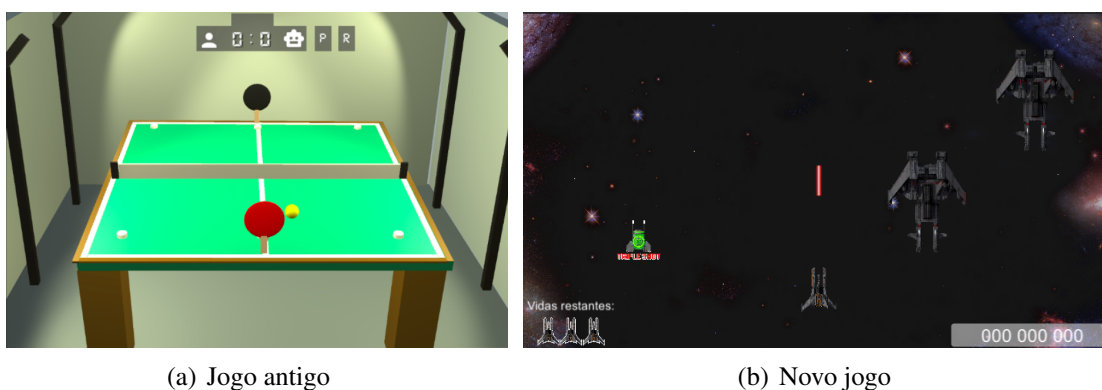


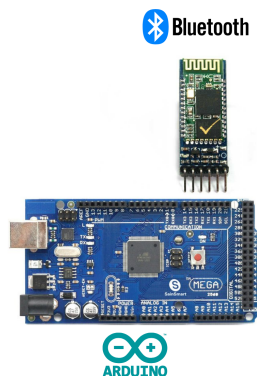
Figura 1. Tela de uma partida das Fases no sistema

A opção escolhida para implementar a captura de dados de movimentação, tanto do coto quanto do braço do paciente foi o sensor giroscópio presente na maioria dos *Smartphones* disponíveis atualmente, o que pode baratear o custo final da solução. Para capturar os dados do sensor giroscópio, foi desenvolvido um aplicativo móvel usando o framework Flutter. A aplicação foi criada para dispositivos Android devido à disponibilidade de packages que auxiliam na integração com recursos nativos do aparelho. O Flutter foi escolhido como ferramenta de desenvolvimento por sua capacidade de acessar esses recursos nativos de forma simples e eficiente.

Além da captura dos dados de movimentação, foi necessário estabelecer uma comunicação entre o aplicativo móvel e o software de simulação, que é realizada por meio do nó sensor implementado, permitindo que o fisioterapeuta acompanhe a evolução do paciente ao longo das sessões.

Para estabelecer a comunicação entre o aplicativo móvel e o software, foi utilizado a plataforma de prototipagem Arduino juntamente com um módulo Bluetooth do tipo HC-05, que utiliza o Protocolo de Porta Serial (SPP). A placa Arduino é integrada ao módulo HC-05, que está conectada à aplicação móvel por meio de uma conexão Bluetooth. A comunicação entre a Unity 3D (jogo) e o Arduino é realizada por meio de comunicação serial. A Figura 2(a) ilustra o nó sensor na arquitetura do projeto antecedente.

Com o objetivo de reduzir o custo do projeto e tamanho da solução, este trabalho propõe a substituição do nó sensor com o Arduino e o Módulo HC-05, pelo NodeMCU ESP32. A placa NodeMCU ESP32 possui recursos integrados de comunicação Bluetooth, o que elimina a necessidade de um módulo adicional, reduzindo o custo e simplificando o projeto. A comunicação serial entre a Unity 3D e a placa ESP32 será estabelecida da mesma forma que a solução anterior com o Arduino. O nó sensor proposto é apresentado na Figura 2(b) que mostra toda arquitetura e a comunicação entre o hardware e o software.



(a) Nó sensor da proposta antecedente



(b) Arquitetura Physio Games

Figura 2. Arquiteturas Tennis Physio e Physio Games.

5. Testes e Resultados Parciais

Atualmente foram efetuados apenas testes de integração das diferentes soluções, além da integração da nova arquitetura proposta com o NodeMCU ESP32. Foram realizadas a verificação do sistema, efetuados testes iniciais que abrangem o funcionamento da coleta de dados pelos sensores, a comunicação entre os componentes, a movimentação dos personagens e o funcionamento do sistema como um todo. Também foi possível verificar que o novo jogo se mostra promissor, contendo mais efeitos visuais, e um sistema de dificuldades mais dinâmico, onde é possível adaptar a velocidade e tamanho dos inimigos, a frequência de disparos e do surgimento de novos inimigos, além do sistema de aleatoriedade mais robusto e menos suscetível a detecção de padrões.

6. Conclusões

Este trabalho propõe modificações no sistema Tennis Physio, o qual se mostrou uma solução viável e de baixo custo para auxiliar em sessões de fisioterapia para amputados. A nova versão da ferramenta denominada Physio Games incorpora modificações na arquitetura com o NodeMCU ESP32, na movimentação e a adição de novos jogos. Foi implementada uma fase adicional onde espera-se o aumento do engajamento do paciente durante as sessões, o que pode ajudar a alcançar melhores resultados criando um ambiente lúdico que induz ao estado de *Flow*, tornando as sessões de fisioterapia mais eficazes. Com isso, como trabalhos futuros pretende-se realizar alguns aprimoramentos, além da execução de experimentos robustos com pacientes. O sistema Physio Games pode ser uma importante ferramenta no processo de reabilitação de pacientes amputados, melhorando sua qualidade de vida e ajudando a recuperar a funcionalidade do membro afetado.

Referências

- Akbulut, A., G. F. T. E. A. and Aydın, M. A. (2019). Immersive virtual reality games for rehabilitation of phantom limb pain. pages 1–4. Medical Technologies Congress (TIPTEKNO).
- CARCI (2023). Como lidar com um paciente desmotivado na fisioterapia. page 1. CARCI BLOG - OFICIAL.
- Csikszentmihalyi, M. and Isabella Selega, C. (1988). Optimal experience: Psychological studies of flow in consciousness. United Kingdom: Cambridge University Press.
- Gabrielli Gava FERREIRA, Leticia Alves de Souza FERREIRA, M. C. L. R. C. (2017). *IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS DE AMPUTAÇÃO DE MEMBROS NAS ESTRATÉGIAS DE SAÚDE DA FAMÍLIA DO MUNICÍPIO DE SANTA FÉ DO SUL-SP*. UNIFUNEC CIÊNCIAS DA SAÚDE E BIOLÓGICAS.
- Gleycykely dos Reis, Adroaldo José Casa Júnior, R. d. S. C. (2012). Perfil epidemiológico de amputados de membros superiores e inferiores atendidos em um centro de referência. In *Revista eletrônica saúde e ciência*.
- Pinheiro, A. N. L., V. M. d. A. M. H. and Júnior, J. S. D. (2021). Tennisgame physio: Proposta de solução no apoio de sessões de fisioterapia para amputados. In Anais Estendidos do XX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital.
- VERGOUWEN, J. M. e. a. (2020). Imotion rehab 3d ave v2: um novo vr-exergame para fisioterapia motora. In *New Trends in Animation and Visualization*. SBC. Anais Estendidos do XXII Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada.