

Exergame com Cicloergômetro para a Reabilitação de Pacientes em Tempos de COVID-19

Carlos Henrique Rorato Souza¹, Douglas Battisti¹,
Luciana de Oliveira Berretta¹, Sérgio Teixeira de Carvalho¹

¹Instituto de Informática – Universidade Federal de Goiás (UFG)
Caixa Postal 131 – 74.001-970 – Goiânia – GO – Brazil

¹{carlossouza, douglas, luciana, sergio}@inf.ufg.br

Abstract. *With an exponential curve transmission, COVID-19, caused by the new coronavirus, imposes measures based on social distance on the population. In this context, this work presents an exergame that, using the cycle ergometer for the rehabilitation of patients, allows the realization of the session without the physical presence of the physiotherapist, who monitors remotely. Based on a distributed architecture and non-immersive virtual reality techniques, the game allows the collection of physiological data from the patient and the practice of the exercises, as well as their monitoring by the health professional.*

Resumo. *Com uma transmissão em curva exponencial, a COVID-19, causada pelo novo coronavírus, impõe à população medidas baseadas no distanciamento social. Neste contexto, este trabalho apresenta um exergame que, utilizando o cicloergômetro para a reabilitação de pacientes, possibilita a realização da sessão sem a presença física do fisioterapeuta, que acompanha de forma remota. Baseado em uma arquitetura distribuída e em técnicas de realidade virtual não imersiva, o jogo permite a coleta de dados fisiológicos do paciente e a prática dos exercícios, bem como o monitoramento destes pelo profissional de saúde.*

1. Introdução

O ano de 2020 está sendo marcado por um cenário nada habitual: uma pandemia causada pelo novo coronavírus, que causa danos respiratórios e pode levar à morte. Transmitido em uma curva exponencial, o vírus impõe um cenário alarmante. Dado o alto índice de contágio e transmissão, estão sendo tomadas medidas de proteção contra a COVID-19 (doença causada pelo novo coronavírus) baseadas no isolamento social, com grande parte das pessoas dentro de suas casas. Assim, ficam comprometidas, dentre outras atividades, as sessões de fisioterapia e reabilitação, uma vez que o isolamento estabelece uma dificuldade para a realização dos exercícios, dado que esses precisam ser supervisionados de perto pelo fisioterapeuta e, além disso, são, com frequência, considerados repetitivos e enfadonhos.

Nesse contexto, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um exergame, jogo sério para motivar a realização de exercícios físicos, com técnicas de realidade virtual não imersiva e de sistemas de tempo real para envio de dados e comunicação por áudio/vídeo. O Exergame possibilita a realização das sessões de reabilitação de pacientes com disfunção muscular gerada por inatividade física em que profissional e paciente estão em suas respectivas casas.

A reabilitação envolve exercícios com o cicloergômetro, uma bicicleta de cabeceira que aumenta a capacidade e autopercepção funcional, além da força do quadríceps. Com isso, o paciente desenvolve e melhora suas habilidades motoras, de equilíbrio, controle da postura, velocidade e fortalecimento funcional [Burtin et al. 2009]. Além disso, para pacientes com alguma

doença crítica e que passaram por um longo período em uma unidade de terapia intensiva, o uso do cicloergômetro no processo de mobilização precoce [Denehy et al. 2016, Rocha et al. 2017] tem demonstrado ser um método capaz de melhorar ou manter a capacidade funcional [Burtin et al. 2009].

Este artigo está estruturado em outras cinco seções. A Seção 2 destaca os impactos da COVID-19 e apresenta conceitos fundamentais relacionados à construção do Exergame; a Seção 3 apresenta os trabalhos relacionados; a Seção 4 descreve em termos arquiteturais o Exergame desenvolvido, bem como o protótipo implementado; a Seção 5, por sua vez, traz uma avaliação realizada junto a fisioterapeutas; por fim, a Seção 6 apresenta as considerações finais e aponta os horizontes para a continuidade do projeto.

2. Contextualização e Fundamentos

2.1. COVID-19

A situação em tempos de COVID-19 é caótica e, a cada dia, o cenário parece piorar. A Figura 1 apresenta um gráfico com dados do Centro Europeu de Prevenção e Controle de Doenças [Routley 2020], mostrando a curva de crescimento dos casos em diversos países do mundo (os países da América Latina estão em destaque). Até a data da escrita deste trabalho são 61.888 casos confirmados no Brasil, com um número de 4.205 mortes por COVID-19. A curva segue subindo.

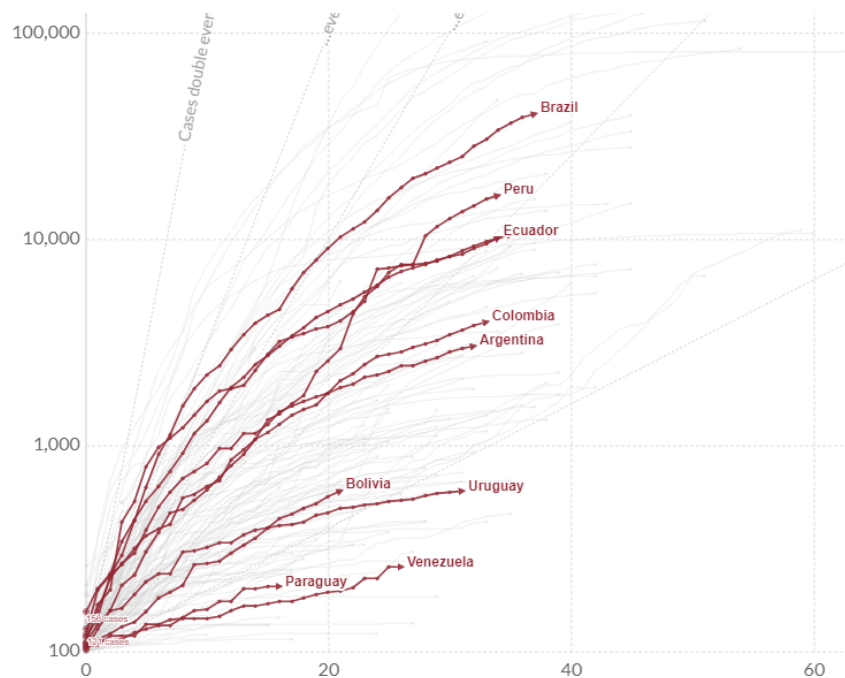


Figura 1. Gráfico que mostra evolução do número de casos no Brasil em relação à América Latina.

Neste cenário, o chamado “isolamento social”, que é a prática da restrição de contato entre indivíduos, se torna a única e mais segura medida a ser adotada, pois é uma doença contagiosa para a qual não existem ainda medicamentos ou vacinas cuja eficácia tenha sido comprovada [Ferguson et al. 2020]. Pesquisadores afirmam que este isolamento pode auxiliar na redução da contaminação e, com isso, evitar um colapso no sistema de saúde e “dar prioridade ao atendimento médico às pessoas que precisam trabalhar com vistas à preservação desta

base mínima de atividades sociais” [Ferrari and Cunha 2020]. A prática se coloca, portanto, extremamente necessária para que se reestabeleça a normalidade o mais rápido possível.

Essas restrições, presentes no atual contexto, trazem inúmeros impasses à vida cotidiana. Tudo ficou mais difícil, desde o almoço em um restaurante até a realização de uma consulta médica. O trabalho não essencial acontece direto do ambiente de casa (*home office*), onde todos os membros da família ficam “reclusos”. A prática de exercícios físicos fica dificultada. De um momento para o outro, tudo mudou, em um ritmo tão acelerado que a própria produção acadêmica não pode acompanhar. Grande parte das informações são oriundas de noticiários e *sites* da internet.

Considerando este cenário, é mais evidente ainda a utilização das chamadas intervenções não-farmacêuticas, cujos impactos estão sendo estudados e têm trazido resultados significativos. Fazendo presente a ideia de que uma possível vacina ou tratamento medicamentoso não são realidades imediatas (para uma vacina, algo em torno de dezoito meses, em um ritmo de trabalho acelerado), o estudo [Ferguson et al. 2020] aponta duas estratégias:

(a) mitigação, que se concentra em retardar, mas não necessariamente em impedir a disseminação epidêmica [...], e (b) supressão, que visa reverter o crescimento da epidemia, reduzindo o número de casos a níveis baixos e mantendo essa situação indefinidamente. [...] Para os países capazes de alcançá-la, a supressão é a opção política preferida. Mostramos que, no contexto do Reino Unido e dos EUA, a supressão exigirá minimamente uma combinação de distanciamento social de toda a população, isolamento de casos em casa e quarentena dos membros da família.

Nesse sentido, entendemos que o cuidado que necessita da presença de profissionais de saúde precisa ser repensado, e que o uso das tecnologias disponíveis pode auxiliar concretamente estes pacientes, de modo a garantir a manutenção dos cuidados necessários, ainda que de forma virtual. Trata-se de um desafio extremamente necessário e importante no contexto em que a humanidade se encontra.

2.2. Telerreabilitação (TR)

Neste contexto de isolamento social, a telessaúde, que é a possibilidade de “assistência em saúde através da troca de informações via computador e outros meios de comunicação similares” [do Nascimento Piropo and do Amaral 2015], é um importante conjunto de recursos que está à disposição dos profissionais da área, abrangendo a telemedicina, teleoftalmologia, tele-enfermagem, telefonaudiologia e a telefisioterapia [Santos and Pinheiro 2016].

No Brasil, o Senado aprovou, no dia 31 de março de 2020, o Projeto de Lei 696/20, que regulamenta o uso da telemedicina enquanto durar o enfrentamento da pandemia [Brasil 2020]. De acordo com o projeto, os médicos também podem fazer “teleinterconsulta”, que permite troca de opiniões entre eles sobre casos e diagnósticos dos pacientes. Além disso, “a interação a distância contempla: atendimento pré-clínico, suporte assistencial, consulta, monitoramento e diagnóstico”. Temos que o uso da telemedicina permite aos médicos inclusive a prescrição de medicamentos e a emissão de atestados eletrônicos [Matos 2020]. Este projeto de lei abrange também atendimentos de outros profissionais da saúde, como fisioterapeutas.

Assim, a telerreabilitação entra como um conceito relacionado à telefisioterapia, que utiliza meios de comunicação à distância para realizar uma sessão de fisioterapia com exercícios que visem a reabilitação do paciente. O uso da telerreabilitação favorece a adesão ao tratamento, estimula a participação de familiares e cuidadores no processo de recuperação

e permite que as atividades se deem com mais frequência, por não haver deslocamentos [Santos and Pinheiro 2016]. O projeto desenvolvido neste artigo é um exergame que visa possibilitar a realização de sessões de telerreabilitação.

2.3. Realidade Virtual

Definida por Jerald como “um ambiente digital gerado computacionalmente que pode ser experienciado de forma interativa como se fosse real” [Jerald 2015], a Realidade Virtual pode ser também compreendida como uma experiência virtual que envolve os sentidos, gerando imersão e engajamento [Tori and Hounsell 2018, Souza and Berretta 2019].

Na classificação da Realidade Virtual (RV), Claudio Kirner propõe duas categorias: a RV imersiva, quando o usuário se sente transportado para o mundo virtual, por meio de dispositivos como o HMD (*Head Mounted Display*) ou salas de projeção; e a RV não imersiva, quando o usuário é transportado de forma parcial, com a utilização de uma espécie de “janela”, como a tela de um computador [Kirner 2011]. Enquanto a RV imersiva necessita de dispositivos não convencionais, a não imersiva pode ser utilizada diretamente nos *smartphones* e *tablets*, por exemplo. Neste artigo, o Exergame desenvolvido utiliza técnicas de RV não imersiva, visando o engajamento do usuário na atividade.

2.4. Jogos Sérios

Colocando-se como uma categoria particular de jogos, jogos sérios são aqueles utilizados com propósito de ensino-aprendizagem ou treinamento, e não apenas de entretenimento, embora apresentem um viés de entretenimento inerente à realidade de um jogo [Aldrich 2005, Fleury et al. 2014].

Essa categoria de jogos permite, principalmente, a simulação de situações práticas do dia a dia e, utilizando a abordagem da indústria de jogos, faz com que estas simulações sejam engajadoras, atraentes e lúdicas, podendo, por fim, oferecer recursos que favoreçam o aprendizado de conceitos e o desenvolvimento de habilidades diversas [Zyda 2005].

Dessa forma, este conceito hoje é utilizado para designar jogos que, ademais do entretenimento, estabelecem circunstâncias favoráveis ao treinamento e a outros tipos de experiências [e Silva et al. 2018]. Além disso, a sua relação com a RV (tanto imersiva quanto não imersiva) implica uma solução que quer aliar o desenvolvimento de habilidades específicas a uma experiência de entretenimento que gere engajamento e proporcione uma experiência eficaz [Souza and Berretta 2019]. Neste trabalho, o conceito de jogos sérios fundamenta a construção do exergame.

2.5. Sistemas de Tempo Real com Web Real-Time Communication (WebRTC)

Web Real-Time Communication (WebRTC) é uma tecnologia *web* que, utilizando conexões *peer-to-peer*, permite que aplicações móveis ou navegadores realizem chamadas com *streams* de áudio, vídeo e dados, sem que para isso seja utilizado qualquer software de terceiros ou *plugins* [Sredojev et al. 2015].

A WebRTC apresenta uma série de APIs (*Application Programming Interfaces*) para comunicação em tempo real, tendo sido publicada pela Google em 2011, com código aberto¹. Do ponto de vista arquitetural (Figura 2), a WebRTC apresenta, dentre outras camadas, uma API *web* para o desenvolvimento das aplicações, que é a “base” para possibilitar ao jogo a transmissão dos dados e do áudio e vídeo.

¹<http://webrtc.org>

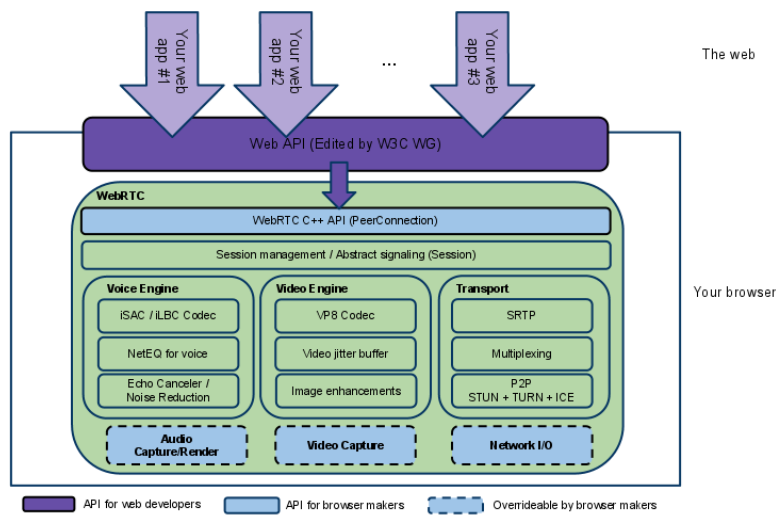


Figura 2. Arquitetura da WebRTC [Google Developers 2020].

São vantagens da WebRTC o uso de compressão e redução de ruídos de áudio e vídeo. Apresenta também componentes de captura e renderização de áudio, captura de vídeo e entrada e saída de rede [Google Developers 2020]. As APIs disponíveis (MediaStream para envio de *streams* de mídia, PeerConnection para estabelecer a conexão entre os *peers* e DataChannel para enviar e receber textos e arquivos) podem ser manipuladas utilizando JavaScript e HTML5.

Neste projeto, a WebRTC contribui no transporte de dados e no sistema de comunicação via áudio/vídeo entre o fisioterapeuta e o paciente.

3. Trabalhos Relacionados

Vários projetos têm abordado a temática do uso de exergames no processo de reabilitação e a utilização destes na telemedicina. Os trabalhos apresentados a seguir discutem a eficácia da utilização destes jogos durante as sessões de terapia e a relevância de seu uso nos processos de telemedicina e reabilitação, lançando horizontes norteadores para este trabalho.

O trabalho [Butler et al. 2019] apresenta uma revisão sistemática que compara o treinamento ativo utilizando *videogames* (RV não imersiva) com o treinamento tradicional em pacientes com doenças respiratórias crônicas. Os resultados apontam que o uso de exergames podem trazer, no paciente, resultados fisiológicos semelhantes ao tratamento tradicional. Destaca o engajamento, a motivação e a adesão ao treinamento como as principais vantagens do uso de *games*.

Já o projeto [Trombetta et al. 2018] apresenta a construção de um exergame 3D customizável para ser aplicado no processo de reabilitação de pacientes com diferentes patologias, como no tratamento pós-Acidente Vascular Encefálico (AVE) ou no exercício do equilíbrio em idosos. Construído na *engine* Unity 3D, apresenta um programa de atividades personalizado para cada paciente, permitindo o armazenamento de informações de cada um e de suas atividades. A avaliação de usabilidade e aceitação, realizada por onze fisioterapeutas, permitiu concluir que o projeto reduz os custos (evitando a aquisição de um jogo para cada patologia), além de facilitar o aprendizado, por parte do profissional da saúde.

O trabalho [Lange et al. 2009] aborda iniciativas e projetos que ajudam a mensurar a eficácia da telerreabilitação. Alguns fatores avaliados são a medição objetiva de desempenho e progresso, motivação e engajamento, baixo custo, interação com dispositivos e *design* de jogos.

Além disso, aponta os desafios da telerreabilitação baseada em jogos, como possibilidade de acesso à internet, gerenciamento de dados, suporte técnico, proteção da privacidade, dentre outros aspectos. Por fim, o estudo considera a telerreabilitação uma possibilidade viável e necessária, em um contexto onde é difícil o acesso presencial às sessões de reabilitação. Neste caso, o paciente pode realizá-las de maneira remota, em sua casa.

Sobre a recuperação pós-AVC (Acidente Vascular Cerebral), [Vogiatzaki et al. 2014] traz um sistema que utiliza a telemedicina para a reabilitação motora baseada em jogos. Os autores afirmam que, onde a reabilitação e o cuidado necessitam de um longo período, a telemedicina deve ser considerada. O jogo traz uma sessão de treinamento que utiliza o sensor Kinect e RV não imersiva. O fisioterapeuta supervisiona o processo em casa de forma remota. É proposto que esta abordagem promove o empoderamento dos pacientes e cuidadores na realização da reabilitação em ambiente doméstico. É notado um aumento da velocidade de recuperação. Tal fato, junto com a possibilidade de se realizar o treino em casa aumentam diretamente a qualidade de vida dos pacientes.

Sobre o mesmo problema, o projeto [Broeren et al. 2002] também apresenta uma proposta de reabilitação por telemedicina. Um jogo em RV imersiva e um sistema tátil para computadores foi utilizado para promover o reaprendizado motor dos pacientes em uma plataforma de telemedicina, que permite ao profissional da saúde gravar dados e avaliar o processo do paciente. O estudo discute também, de forma pontual, a recuperação de um paciente que sofria de perda parcial da motricidade do braço esquerdo. Por conclusão, afirma que o treinamento com RV e este sistema tátil pode promover a reabilitação motora.

Semelhante aos trabalhos apresentados, nossa proposta traz a ideia de reabilitação utilizando jogos, visando um engajamento maior por parte do paciente. Em tempos de COVID-19, se faz necessária a estratégia da telerreabilitação, considerando o cenário de isolamento social e a preocupação em minimizar o contato físico. Assim, o desenvolvimento de um exergame para telerreabilitação traz conforto maior tanto para o paciente quanto para o profissional da saúde, que estarão em suas respectivas casas, sem a necessidade de qualquer deslocamento ou contato com outras pessoas. A utilização de RV não imersiva quer trazer as vantagens inerentes à imersão do mundo dos jogos e à facilidade de uso, dado não ser necessária a utilização de dispositivos HMD.

4. O Exergame

4.1. Arquitetura

A Figura 3 apresenta os atores e seus respectivos papéis, além dos casos de uso do Exergame. Nesta dinâmica, o Paciente é capaz de realizar a ação de jogar, utilizando para isso o cicloergômetro; o Fisioterapeuta, por sua vez, configura o jogo, monitora os dados fisiológicos que são capturados pelos sensores (frequência cardíaca e oxímetro) e gera relatórios de acompanhamento do desempenho do paciente.

Os atores interagem entre si por meio de áudio e vídeo, permitindo que o fisioterapeuta forneça as orientações necessárias e *feedback* ao paciente, que realiza a atividade e tem os dados monitorados pelo profissional de saúde.

A Figura 4 apresenta a Arquitetura do Exergame composta por três módulos: o módulo do Fisioterapeuta, responsável por permitir ao profissional de saúde a configuração e monitoramento da atividade; o módulo do Paciente, responsável pela apresentação da tela do jogo ao paciente; e, por fim, o módulo do Cicloergômetro, responsável pela coleta e processamento dos dados dos sensores.

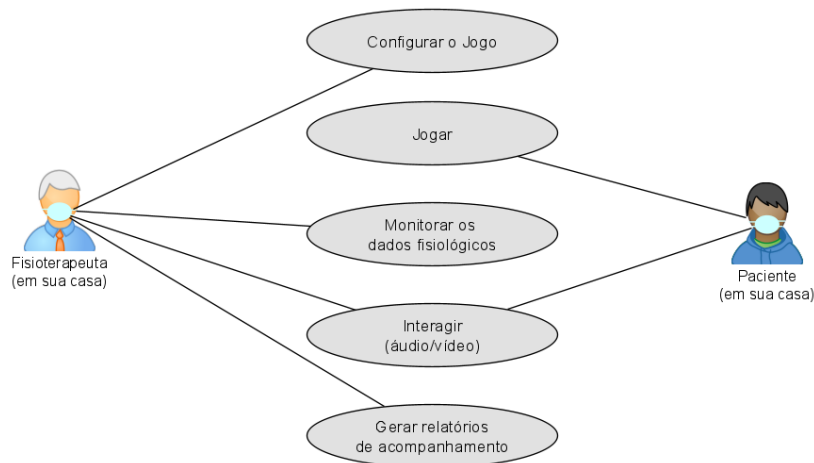


Figura 3. Atores e Casos de Uso do Exergame.

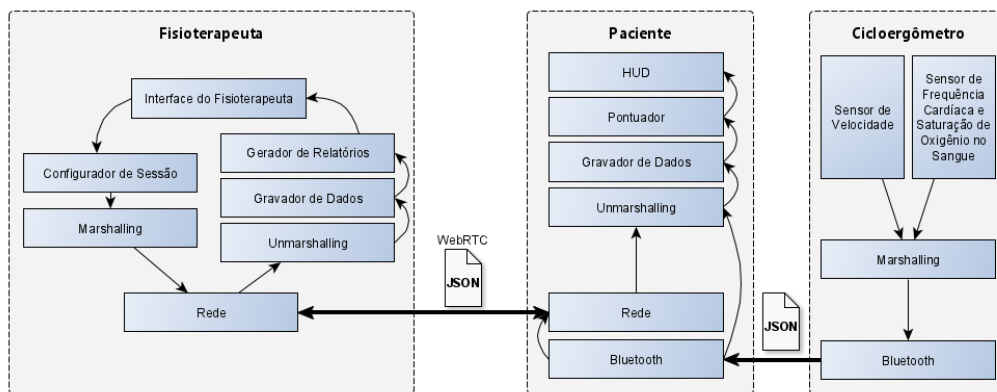


Figura 4. Arquitetura do Exergame.

Em relação aos componentes arquiteturais apresentados, destacam-se o Sensor de Velocidade que detecta e contabiliza as rotações de pedal do cicloergômetro; os Sensores de Frequência Cardíaca e de Saturação de Oxigênio no sangue (oxímetro), que verificam e capturam os sinais vitais do paciente; o componente de *Bluetooth*, que realiza o repasse das informações dos sensores ao módulo do Paciente; o Gravador de Dados, um módulo de persistência de dados que faz com que as informações estejam disponíveis para a geração dos relatórios ao final da atividade, criados pelo Gerador de Relatórios; o Pontuador, que, ao verificar a velocidade vinda do sensor, pontua o jogador caso essa esteja dentro dos limites estipulados pelo fisioterapeuta. A Interface do Fisioterapeuta, que mostra a tela do Configurador de Sessão, permite que seja configurada a duração da atividade, velocidade e limites para os sinais fisiológicos. A interface mostra também o desempenho do jogador durante a atividade, a imagem para a comunicação por áudio/vídeo, além dos gráficos ao final da sessão.

Os dados que circulam, seja via *bluetooth* ou via rede de computadores, passam pelos processos de *marshalling* (processo de montagem dos dados para transmissão), onde são reunidos e organizados em um arquivo JSON (encapsulamento), e de *unmarshalling* (processo reverso ao *marshalling*), que desencapsula as informações do arquivo JSON e os repassa ao gravador de dados (desencapsulamento). Os dados são mostrados nas interfaces visuais através de um HUD (*Head-Up Display*), estrutura que permite o arranjo e a disposição visual dos dados na tela.

4.2. Protótipo

Para a construção do Exergame, o primeiro passo foi adaptar o cicloergômetro, conectando-se o interruptor magnético proveniente do próprio aparelho em um Arduino Uno², para a contagem das pedaladas (Figura 5a). Foi também conectado ao Arduino Uno o sensor de frequência cardíaca e oxímetro (Figura 5b). A placa Arduino Uno, por sua vez, pode ser conectada ao computador via Bluetooth ou via porta serial USB. Para que o Exergame receba e utilize os dados dos sensores, foi desenvolvido um *middleware* integrado ao motor de jogos Unreal Engine 4³, utilizado no desenvolvimento do jogo. O *middleware* permite o processamento da solicitação, recepção e envio dos dados dos sensores para os componentes da arquitetura de modo contínuo, além do armazenamento [Battisti et al. 2019].

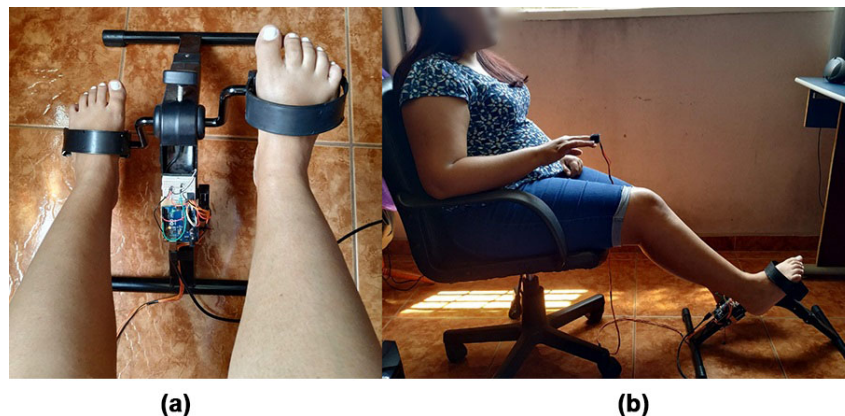


Figura 5. (a) Cicloergômetro adaptado; (b) Sensor de frequência cardíaca e oxímetro conectado ao dedo do paciente.

Ao iniciar o jogo, é mostrada uma tela de configuração do Exergame (Figura 6a), que permite ao fisioterapeuta a inserção dos níveis mínimo e máximo de batimentos cardíacos (FC - Frequência Cardíaca) e de SpO₂ (saturação de oxigênio no sangue), da duração em minutos da atividade, bem como da velocidade requerida do paciente. Além disso, outras interfaces apresentam, em forma de gráfico, a evolução dos dados fisiológicos após a realização da atividade e o panorama geral (relatório) de desempenho nas sessões.

A tela principal do jogo apresenta um personagem que se move na medida em que o paciente pedala na faixa de velocidade correta (Figura 6b). A barra aumenta um pouco a cada novo ciclo do pedal e o valor desse aumento é proporcional ao tempo que levou o último ciclo. Assim, o jogador deve regular a velocidade de suas pedaladas para mantê-la entre as duas marcações vermelhas. As informações dos sensores estão dispostas em um HUD com um contador de pedaladas, a velocidade das pedaladas, além dos dados de FC e de percentual de SpO₂.

A transmissão de dados do cicloergômetro para o módulo do Paciente acontece via Bluetooth ou porta serial USB. Diferentemente, os dados trocados entre os módulos do Paciente e do Fisioterapeuta ocorrem via rede (internet). Ao serem recebidos, os dados são reorganizados (desencapsulados) e dispostos nos HUDs nas interfaces. No caso do áudio/vídeo, é adicionada uma miniatura de tela contendo a imagem, em uma posição que não comprometa a realização do exercício ou a visualização do HUD (Figura 6b).

²<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>

³<https://www.unrealengine.com>

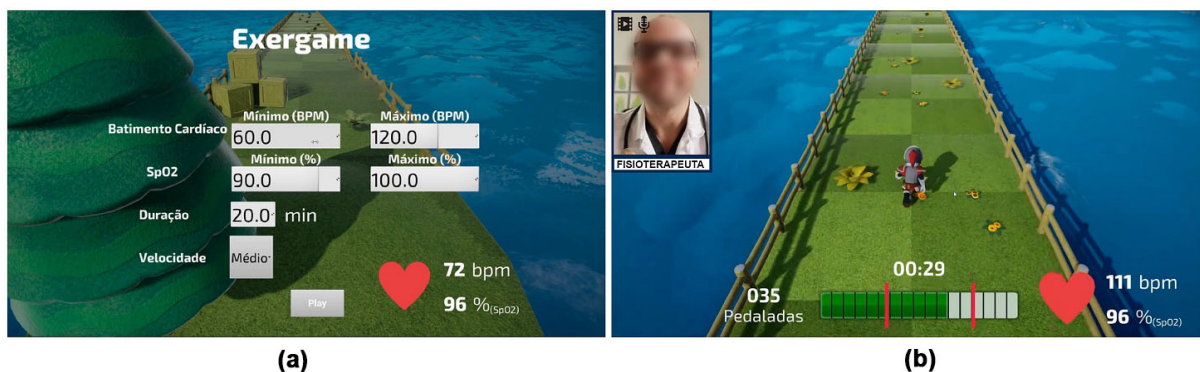


Figura 6. (a) Tela de configuração do fisioterapeuta; (b) Tela principal do jogo para o paciente.

A transferência dos dados do paciente para o fisioterapeuta, distantes, cada um em sua casa, exige contornar os problemas relacionados a atrasos e perdas. É preciso, portanto, contar com uma ferramenta que possa auxiliar neste processo, minimizando estes problemas. Neste contexto é utilizada a WebRTC. O conceito, para esta aplicação, envolve três API's, utilizando o PeerConnection para estabelecer a conexão entre o fisioterapeuta e o paciente, MediaStream para a comunicação por áudio/vídeo e o DataChannel para transmitir os dados entre os dois *peers*.

É importante atentar-se ao fato de que, durante a atividade, os dados dos sensores são constantemente verificados e exibidos nas telas. Se fogem à faixa estipulada inicialmente, um alerta é emitido. Terminada a sessão, a tela com o gráfico de desempenho é apresentada. Com este gráfico, o profissional de saúde pode realizar a avaliação clínica do paciente, observando a evolução da frequência cardíaca e oximetria durante o tempo de atividade. Além disso, os dados das sessões são armazenados e mostrados para o fisioterapeuta na forma de um relatório de acompanhamento que mostra o progresso geral do paciente.

5. Avaliação do Exergame

Para avaliar o Exergame, foram aplicados dois questionários (A e B) e entrevistas para a coleta de dados. Os avaliadores passaram por quatro etapas: na primeira, responderam o Questionário A⁴, a fim de verificar se problemas encontrados na literatura, como a falta de motivação do paciente durante a terapia, se aplicavam no contexto dos avaliadores. Na sequência, foram convidados a ler um documento apresentando a contextualização, o problema e os objetivos do trabalho e, depois, assistiram a um vídeo de demonstração do Exergame em funcionamento. Por fim, responderam ao Questionário B, a fim de avaliar a solução propriamente dita, composto por 5 (cinco) afirmações sobre o Exergame (Tabela 1). Cada avaliador atribuiu uma nota na faixa de 1 a 5 (apontando seu nível de concordância), visando avaliar a solução de acordo com seu conhecimento e experiência.

Quatro fisioterapeutas participaram da avaliação do Exergame, três sendo especialistas em terapia intensiva e um especialista em fisioterapia cardiovascular. Todos atuam em hospitais e usam o cicloergômetro junto aos seus pacientes. Três deles utilizam o cicloergômetro durante a mobilização precoce e um utiliza o cicloergômetro em ambiente hospitalar no pós-operatório e em atendimentos particulares na casa do paciente. Três possuem experiência com jogos na reabilitação e o outro conhece o tema mas não o aplicou na prática clínica.

⁴O Questionário A e as respostas não são apresentados pela limitação do espaço.

Tabela 1. Afirmações do Questionário B.

Afirmção	Descrição
A1	O Exergame motiva o paciente a se exercitar.
A2	As configurações no Exergame são capazes de personalizar a sessão de jogo a diferentes pacientes.
A3	Adaptar o cicloergômetro facilita a utilização do Exergame pelos fisioterapeutas.
A4	O <i>feedback</i> contínuo dos dados de FC e SpO2 e os alertas auxiliam o fisioterapeuta no monitoramento do paciente.
A5	O Exergame terá uma boa aceitação para os pacientes que usam o cicloergômetro.

As respostas ao Questionário B estão dispostas na Tabela 2. As colunas A1 a A5 representam as afirmações e as linhas apresentam as respostas dos avaliadores na escala de 1 a 5. Os números correspondem a: 1 - Discordo Fortemente; 2 - Discordo; 3 - Neutro; 4 - Concordo; 5 - Concordo Fortemente.

Tabela 2. Resultados do Questionário B.

Avaliador	A1	A2	A3	A4	A5
#1	5	4	5	5	5
#2	5	5	5	5	4
#3	5	5	5	5	5
#4	4	5	4	4	5

Nas respostas ao Questionário A, pôde-se verificar que a motivação do paciente durante o exercício de terapia é um problema confirmado pelos fisioterapeutas. Os fisioterapeutas, inclusive, indicaram que jogos comerciais já são utilizados em terapias como forma de aumentar a aceitação por parte do paciente.

Outro ponto importante validado é a utilização do cicloergômetro como ferramenta de exercício na mobilização precoce. Além disso, o cicloergômetro tem uma boa aceitação por parte dos fisioterapeutas, pois é considerado um equipamento acessível, de fácil uso e transporte, além de ter boa aceitação também entre os pacientes.

O monitoramento dos dados fisiológicos também foi considerado como ponto importante durante a terapia; a frequência cardíaca e a saturação de oxigênio são alguns dos dados utilizados para verificar se o paciente pode continuar o exercício.

De forma geral, o Exergame foi bem avaliado pelos especialistas. Além disso, alguns avaliadores deixaram sugestões de melhorias. O Avaliador 1 sugeriu a utilização de um ambiente mais próximo da realidade onde, por exemplo, o paciente possa imaginar que está pedalandando no parque, em um ambiente mais urbano e próximo do cotidiano. O Avaliador 2 sugeriu que no exergame fossem incluídos graus de dificuldade, como, por exemplo, subidas com o devido aumento da carga do cicloergômetro. Todas as afirmações receberam pelo menos uma nota 4, o que significa que a solução ainda deve ser evoluída.

6. Considerações Finais

O Exergame apresentado neste trabalho possibilita realizar sessões de reabilitação em meio ao contexto de isolamento social, provocado pela pandemia da COVID-19. O fisioterapeuta, de sua casa, pode configurar e acompanhar a atividade por meio de seu *smartphone* ou computador, comunicando-se com o paciente que, também de sua própria casa, pode realizar os exercícios, recebendo as orientações e o *feedback* do profissional de saúde.

A partir do apresentado, é possível discutir acerca das possibilidades e possíveis avanços que despontam para este projeto. Em primeiro lugar, é pertinente mencionar o melhoramento na qualidade e diversificação dos modelos tridimensionais do jogo, visando uma experiência

mais dinâmica. Além disso, é importante a construção de um sistema de pontuação que considere a constância nas pedaladas e de um sistema de *ranking*, aumentando a competitividade e incentivando o paciente a superar-se.

Em termos de perspectivas, faz-se ainda necessária a avaliação da arquitetura distribuída do jogo, em termos do seu funcionamento e desempenho, em especial quanto à efetividade da plataforma WebRTC no contexto de um jogo sério como o Exergame desenvolvido. Outro ponto futuro refere-se à ideia de possibilitar ao profissional de saúde usar o Exergame via *web* ou por meio de uma segunda interface *desktop*/aplicativo móvel, de forma que ele possa personalizar o exercício e acompanhar o seu desenvolvimento.

Por fim, é certo que prosseguir com o projeto implica em disponibilizar, para a sociedade, uma alternativa eficaz para a reabilitação no contexto da COVID-19, que proporcione ao paciente uma experiência dinâmica e imersiva, propícia ao engajamento e incentivadora da persistência. Nesse propósito, o projeto dispõe-se a evitar a interrupção do tratamento do paciente, o que certamente tem o potencial de afetá-lo de forma positiva e auxiliá-lo a passar por estes tempos de pandemia.

Referências

- Aldrich, C. (2005). *Learning by doing: a comprehensive guide to simulations, computer games, and pedagogy in e-learning and other educational experiences*. Pfeiffer.
- Battisti, D., de Oliveira, L. W., Vieira, M. A., and de Carvalho, S. T. (2019). A communication middleware for developing serious games that use personal health devices. In *Proceedings of SBGames 2019*, pages 563–566.
- Brasil (2020). Câmara dos Deputados. Projeto de Lei 696/2020. Dispõe sobre o uso da telemedicina durante a crise causada pelo coronavírus (2019-nCoV). Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2239462>. Acesso em: 08/04/2020.
- Broeren, J., Georgsson, M., Rydmark, M., and Sunnerhagen, K. (2002). Virtual reality in stroke rehabilitation with the assistance of haptics and telemedicine. In *4th Intl Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc. Tech.*
- Burtin, C., Clerckx, B., Robbeets, C., Ferdinande, P., Langer, D., Troosters, T., Hermans, G., Decramer, M., and Gosselink, R. (2009). Early exercise in critically ill patients enhances short-term functional recovery. *Critical Care Medicine*, 37:2499–2505.
- Butler, S. J., Lee, A., Goldstein, R. S., and Brooks, D. (2019). Active video games as a training tool for individuals with chronic respiratory diseases. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, 39:85 – 90.
- Denehy, L., Lanphere, J., and Needham, D. M. (2016). Ten reasons why icu patients should be mobilized early. *Intensive Care Medicine*, 43:86–90.
- do Nascimento Piropo, T. G. and do Amaral, H. O. S. (2015). Telessaúde, contextos e implicações no cenário baiano. *Saúde Debate*, 39:279–287.
- e Silva, R. L., Bulla, G., da Silva, L., and Lucena, J. (2018). Serious games and sensibility regimes: Paradoxes in using games for human formation. *education policy analysis archives*, 26(117).
- Ferguson, N. M., Laydon, D., Nedjati-Gilani, G., Imai, N., Ainslie, K., Baguelin, M., Bhatia, S., Boonyasiri, A., Cucunubá, Z., Cuomo-Dannenburg, G., Dighe, A., Dorigatti, I., Fu, H., Gaythorpe, K., Green, W., Hamlet, A., Hinsley, W., Okell, L. C., van Elsland, S., Thompson, H., Verity, R., Volz, E., Wang, H., Wang, Y., Walker, P. G., Walters, C., Winskill, P.,

- Whittaker, C., Donnelly, C. A., Riley, S., and Ghani, A. C. (2020). Report 9: Impact of non-pharmaceutical interventions (npis) to reduce covid-19 mortality and healthcare demand. *Imperial College COVID-19 Response Team*, page 1–20.
- Ferrari, A. and Cunha, A. M. (2020). A pandemia de covid-19 e o isolamento social: saúde versus economia. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/coronavirus/base/artigo-a-pandemia-de-covid-19-e-o-isolamento-social-saude-versus-economia/>. Acesso em: 06/04/2020.
- Fleury, A., Nakano, D., and Cordeiro, J. H. D. O. (2014). *Mapeamento da Industria Brasileira e Global de Jogos Digitais*. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).
- Google Developers (2020). Web real time communication. Disponível em: <https://webrtc.github.io/webrtc-org/architecture/>. Acesso em: 13/04/2020.
- Jerald, J. (2015). *The VR book: Human-centered design for virtual reality*. Morgan & Claypool.
- Kirner, C. (2011). Prototipagem rápida de aplicações interativas de realidade aumentada. In *Tendências e Técnicas em Realidade Virtual e Aumentada*, v. 2, n. 1, pages 29–54. SBC.
- Lange, B., Flynn, S., and Rizzo, A. (2009). Game-based telerehabilitation. *European journal of physical and rehabilitation medicine*, 45:143–51.
- Matos, T. (2020). Telemedicina x coronavírus: Veja perguntas e respostas sobre o atendimento médico a distancia. Disponível em: <https://g1.globo.com/bemestar/coronavirus/noticia/2020/03/30/telemedicina-x-coronavirus-veja-perguntas-e-respostas-sobre-o-atendimento-medico-a-distancia.ghtml>. Acesso em: 06/04/2020.
- Rocha, A. M., Martinez, B., Da Silva, V. M., and Junior, L. F. (2017). Early mobilization: Why, what for and how? *Medicina Intensiva*, 41:429–436.
- Routley, N. (2020). Infection trajectory: See which countries are flattening their covid-19 curve. Disponível em: <https://www.visualcapitalist.com/infection-trajectory-flattening-the-covid19-curve/>. Acesso em: 27/04/2020.
- Santos, D. and Pinheiro, I. (2016). Telereabilitação no tratamento de disfunções neurológicas: Revisão narrativa. *Revista Scientia*, 1:96–106.
- Souza, C. H. and Berretta, L. (2019). Infvr: Um serious game em realidade virtual para auxiliar o desenvolvimento da cognição espacial. In *Anais da Escola Regional de Informática de Goiás*, pages 75–88, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Sredojev, B., Samardzija, D., and Posarac, D. (2015). Webrtc technology overview and signaling solution design and implementation. In *2015 38th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, pages 1006–1009.
- Tori, R. and Hounsell, M. (2018). *Introdução a Realidade Virtual e Aumentada*. Editora SBC, Porto Alegre.
- Trombetta, M., Bellei, E. A., Rieder, R., and de Marchi, A. C. (2018). Motion rehab 3d plus: Um exergame customizável aplicado à reabilitação física. In *Anais Principais do XVIII Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada à Saúde*, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Vogiatzaki, E., Gravezas, Y., Dalezios, N., Biswas, D., Cranny, A., Ortmann, S., Langendörfer, P., Lamprinos, I., Giannakopoulou, G., Achner, J., Klemke, J., and Jost, H. (2014). Telemedicine system for game-based rehabilitation of stroke patients in the fp7-“strokeback” project. In *2014 European Conference on Networks and Communications (EuCNC)*, pages 1–5.
- Zyda, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. In *Computer*, volume 38, pages 25–32. IEEE Computer Society Press.