

Fisio Virtual 2.0: aperfeiçoamentos em um exergame para suporte a protocolos de cinesioterapia

Fisio Virtual 2.0: improvements in an exergame to support kinesiotherapy protocols

**Felipe Borges da Silva¹, Fabrizzio Martin Pelle Perez¹,
Ana Carolina Bertoletti De Marchi¹, Rafael Rieder¹**

¹Universidade de Passo Fundo (UPF)

{184387, 138054, carolina, rieder}@upf.br

Abstract. Introduction: Aging can impair autonomy, cognition, and balance in older adults. Kinesiotherapy and exergames have proven effective in rehabilitation by combining physical activity with cognitive stimulation in virtual environments. **Objective:** With this in mind, this study presents Fisio Virtual 2.0, a new version of an exergame designed for physiotherapists, focusing on assisting patients with kinesiotherapy exercises. **Methodology:** The development followed an iterative approach, supported by a physiotherapist. We included new exercises, restructured the mechanics and logic of existing exercises, adjusted movement control parameters for different levels of mobility, and added visual, audio, and management features. **Results:** Based on a preliminary assessment with a physiotherapist, using the cognitive walkthrough method, we tested the new available resources, confirming their applicability. The new exergame functionalities offer resources to expand therapeutic possibilities in rehabilitation sessions, serving as a support tool for conventional treatments.

Keywords exergame, kinesiotherapy, mobility, rehabilitation.

Resumo. Introdução: O envelhecimento pode comprometer a autonomia, a cognição e o equilíbrio de idosos. A cinesioterapia e os exergames têm se mostrado eficazes na reabilitação, por promoverem atividade física com estímulos cognitivos em ambientes virtuais. **Objetivo:** Nesse sentido, este estudo apresenta o Fisio Virtual 2.0, uma nova versão de um exergame destinado a fisioterapeutas, focado em auxiliar pacientes na execução de cinesioterapia. **Metodologia:** O desenvolvimento seguiu uma abordagem iterativa, com apoio de um profissional de fisioterapia. Foram incluídos novos exercícios, reestruturada a mecânica e a lógica de exercícios já disponíveis, ajustados parâmetros de controle de movimento para diferentes níveis de mobilidade, e adicionados recursos visuais, sonoros e de gestão. **Resultados:** A partir de uma avaliação preliminar com um fisioterapeuta, por meio do método de walkthrough cognitivo, os novos recursos disponíveis foram testados e sua aplicabilidade foi confirmada. As novas funcionalidades do exergame oferecem recursos para ampliar as possibilidades terapêuticas em sessões de reabilitação, servindo como ferramenta de apoio aos tratamentos convencionais.

Palavras-Chave cinesioterapia, exergame, mobilidade, reabilitação.

1. Introdução

O envelhecimento humano está associado a diversas alterações fisiológicas e funcionais que impactam diretamente a qualidade de vida, especialmente no que diz respeito à cognição, à coordenação motora e à autonomia funcional [Henrique et al. 2021]. Alterações no sistema musculoesquelético, como a redução da força e da flexibilidade, combinam-se com um declínio das funções cognitivas e sensoriais, comprometendo a independência e aumentando o risco de quedas em idosos [Perez et al. 2021].

A cinesioterapia, abordagem terapêutica baseada na execução de movimentos, destaca-se como estratégia para prevenir limitações e promover a reabilitação [Ioan-Alexandru et al. 2022]. Contudo, a adesão a tratamentos fisioterapêuticos longos pode ser um desafio, levando à monotonia e à desmotivação por parte dos pacientes. Nesse contexto, tecnologias interativas como os *exergames* emergem como ferramentas inovadoras. A utilização de *exergames* na saúde tem se mostrado eficaz na melhoria da motivação e no aumento da frequência às sessões, contribuindo para melhores resultados clínicos [Becker et al. 2021, Hadjipanayi et al. 2024].

Entre as soluções com esse propósito, destaca-se o *Fisio Virtual*, um *exergame* criado em 2021 para a reabilitação de idosos por meio da cinesioterapia [Becker e De Marchi 2021]. A primeira versão do sistema foi utilizada em clínicas e validada por profissionais da área, demonstrando eficácia como recurso complementar [Henrique et al. 2023]. Apesar dos resultados, o uso contínuo revelou limitações, como a rigidez na personalização de exercícios, dificuldade de adaptação a pacientes com restrições severas de mobilidade e uma arquitetura de *software* que dificultava a inclusão de novos movimentos.

As demandas por melhorias, identificadas durante a prática clínica, motivaram o desenvolvimento de uma nova versão. As principais necessidades apontadas pelo profissional de fisioterapia envolvido no projeto incluíam: (i) a incorporação de novos exercícios focados em rotação e dissociação de tronco; (ii) a capacidade de ajustar a sensibilidade de detecção de movimento para pacientes com mobilidade reduzida; e (iii) a implementação de recursos de gerenciamento que permitissem exportar o histórico de desempenho dos pacientes para análise externa.

Nesse contexto, este estudo apresenta o *Fisio Virtual 2.0*, uma nova versão do *exergame* que aprimora a experiência terapêutica com base nas sugestões da prática clínica. As contribuições deste trabalho incluem: (a) a expansão da biblioteca de exercícios; (b) a implementação de um sistema de ajuste de sensibilidade de movimento; e (c) a adição de funcionalidades de gestão e personalização, como a exportação de dados e novos avatares.

2. Fundamentação Teórica

2.1. Cinesioterapia

A cinesioterapia é uma modalidade terapêutica da fisioterapia que utiliza o movimento como principal recurso para tratar e prevenir doenças, além de promover a reabilitação funcional. Seu objetivo é restaurar a integridade de tecidos, melhorar a amplitude de movimento, a força muscular, o equilíbrio e a coordenação motora [Kisner e Colby 2017]. Exercícios específicos, como a **dissociação de tronco**, que consiste em movimentar a

parte superior do tronco independentemente da pelve, e a **descarga de peso**, que envolve a transferência controlada de peso sobre um membro, são fundamentais para a reabilitação neurológica e ortopédica [Lundy-Ekman 2017].

2.2. Exergames na Reabilitação

Exergames são jogos digitais que exigem movimento corporal para jogar, fundindo exercício físico com entretenimento [Ismail et al. 2022]. Na fisioterapia, os *exergames* oferecem uma abordagem lúdica que aumenta o engajamento e a motivação dos pacientes, especialmente em tratamentos de longa duração [Manera et al. 2017]. Ao fornecer *feedback* em tempo real, metas claras e um ambiente virtual interativo, transformam exercícios repetitivos em desafios motivadores [Becker et al. 2021].

Apesar de ser categorizado como *exergame*, o *Fisio Virtual 2.0* se concentra mais em aspectos de simulação e instrução do que em mecânicas de jogo complexas como pontuação competitiva ou narrativas. Seus elementos lúdicos derivam do *feedback* audiovisual imediato (sons e cores a cada repetição), da personificação através de avatares e do senso de progressão ao completar séries e sessões, o que o qualifica como uma aplicação com elementos de gamificação para fins terapêuticos.

2.3. Trabalhos Relacionados

A aplicação de *exergames* na reabilitação fisioterapêutica é um campo consolidado, com diversas propostas na literatura. Por exemplo, o sistema proposto por [Qiu e Luximon 2025] utiliza o sensor Kinect para reabilitação de membros superiores após um acidente vascular encefálico (AVE), focando em exercícios de alcance. Já o estudo de [Henrique et al. 2019] investiga os efeitos do exergame Motion Rehab AVE 3D no equilíbrio e na função motora dos membros superiores de pacientes após AVE. A abordagem proposta por [Rocha et al. 2022] explora o uso da realidade virtual para criar ambientes imersivos destinados à reabilitação de equilíbrio em idosos. Observa-se também que, no contexto brasileiro, pesquisas sobre *exergames* frequentemente exploram o uso de sensores de baixo custo para criar soluções acessíveis [Pereira et al. 2023].

O *Fisio Virtual 2.0* se diferencia por focar especificamente em protocolos de cinesioterapia e ser codesenhado com um fisioterapeuta para uso clínico. Sua principal contribuição em relação a outros sistemas é a funcionalidade que permite ao terapeuta ajustar a sensibilidade dos sensores de movimento em tempo real, adaptando o jogo a pacientes com diferentes graus de comprometimento motor, uma característica pouco explorada em outras abordagens.

3. Materiais e Métodos

O desenvolvimento seguiu uma abordagem iterativa, com reuniões periódicas com um fisioterapeuta para definir os requisitos e validar as funcionalidades implementadas. O ambiente de uso do sistema consiste em um computador, um monitor ou projetor para visualização pelo paciente e pelo terapeuta, e uma câmera RGB-D para captura de movimentos, posicionada em um espaço clínico que permita ao paciente realizar os movimentos livremente.

3.1. Fisio Virtual 1.0: Ponto de Partida

A versão original do *Fisio Virtual* [Becker e De Marchi 2021] já permitia o cadastro de pacientes e a configuração de sessões com oito exercícios — realizados em pé ou sentados, de forma unilateral ou bilateral. A interação era baseada no movimento do paciente, que controlava um avatar para realizar as tarefas propostas. O sistema foi utilizado em clínicas fisioterapêuticas e validado por profissionais da área, que atestaram sua eficácia como recurso complementar às sessões convencionais [Henrique et al. 2023]. Contudo, as limitações identificadas foram a impossibilidade de incluir novos exercícios sem alterar o código-fonte, a falta de opções para pacientes com mobilidade muito reduzida, e a ausência de um mecanismo para exportar dados clínicos.

3.2. Ferramentas de Desenvolvimento

Para viabilizar a atualização e o aperfeiçoamento do exergame, optou-se por manter a *game engine Unity* (versão 2021.1.26f1)¹, devido a dependências com texturas, *shaders* e técnicas de renderização utilizadas na aplicação original. O rastreamento de movimentos em tempo real foi realizado pelo sensor RGB-D Orbbec Astra Pro², que captura imagens de profundidade essenciais para gerar a malha esquelética do usuário. Para manipular essa malha, foram aplicados recursos da biblioteca *Nuitrack* (versão 0.36)³, que permite identificar as 19 articulações que controlam o avatar. Optou-se por manter versões mais antigas da Unity e da Nuitrack devido a problemas de instabilidade e incompatibilidade com o sensor, identificados durante testes com versões mais recentes.

3.3. Game Design e Mecânicas

O *Fisio Virtual 2.0* foi projetado para dar ao fisioterapeuta controle total sobre a sessão terapêutica. A mecânica central baseia-se na conclusão de repetições. Cada exercício possui dois volumes de colisão invisíveis (*triggers*): um de início e um de retorno (Figura 1). O paciente deve mover a articulação correspondente para tocar primeiro no *trigger* de início e depois retornar ao de retorno. Essa sequência completa uma repetição, que é sinalizada por *feedback* visual e sonoro.

O terapeuta configura a sessão no menu “Ordem dos Exercícios” (Figura 2), onde os exercícios são selecionados por cliques e numerados para indicar a sequência de execução. Uma contribuição chave desta versão é a opção de ajuste de sensibilidade, útil para pacientes com condições mais severas, como casos graves de acidente vascular encefálico ou COVID-19. Ao selecionar “mobilidade diminuída”, o sistema aumenta a escala das caixas de colisão em 10% (fator de escala = 1.1), facilitando a ativação por pacientes com amplitude de movimento limitada. Ao final de um exercício, o sistema carrega automaticamente a próxima atividade da lista.

Para tornar a experiência mais positiva, a contagem de erros, presente na versão anterior, foi removida. A métrica causava confusão e desconforto, pois não refletia diretamente o desempenho fisioterapêutico, sendo substituída por um sistema de avaliação focado no sucesso (repetições concluídas) e no tempo de execução.

¹<https://unity.com/>

²<https://www.orbbec.com/products/structured-light-camera/astra-series/>

³<https://nuitrack.com/>

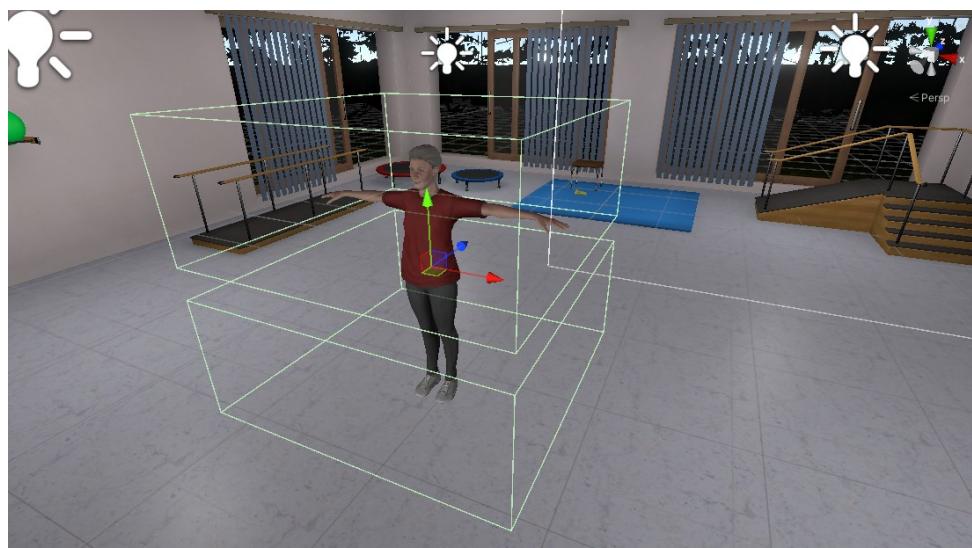


Figura 1. *Triggers mapeados (representados por esferas verdes) para monitorar o início e o fim do movimento em um exercício.*

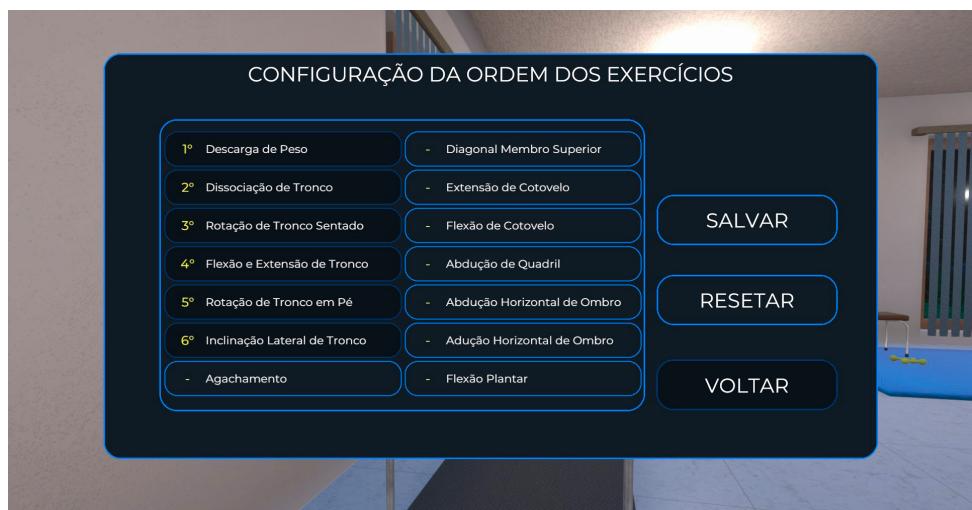


Figura 2. *Lista de exercícios disponíveis para o fisioterapeuta configurar a sessão.*

3.4. Novos Exercícios, Avatares e Funcionalidades

A atualização exigiu uma remodelagem técnica significativa. Foi necessário reestruturar o grafo de cena e reformular o banco de dados para permitir a adição flexível de novos conteúdos. Seis novos exercícios foram adicionados, focando em movimentos de tronco: inclinação lateral, rotação em pé, flexão/extensão, rotação sentado, dissociação de tronco e descarga de peso. Um deles, a rotação de tronco, exigiu a criação de um modelo 3D adicional de uma bola. A Figura 3 ilustra um desses novos exercícios.

Para promover a inclusão, foram adicionados avatares masculino e feminino com tez negra, além dos existentes com tez branca. A cada movimento correto, notificações visuais e sonoras foram implementadas para orientar o paciente e o fisioterapeuta. O conjunto completo das principais novidades da versão 2.0 é apresentado na Figura 4.



Figura 3. Execução do novo exercício de rotação de tronco em pé.

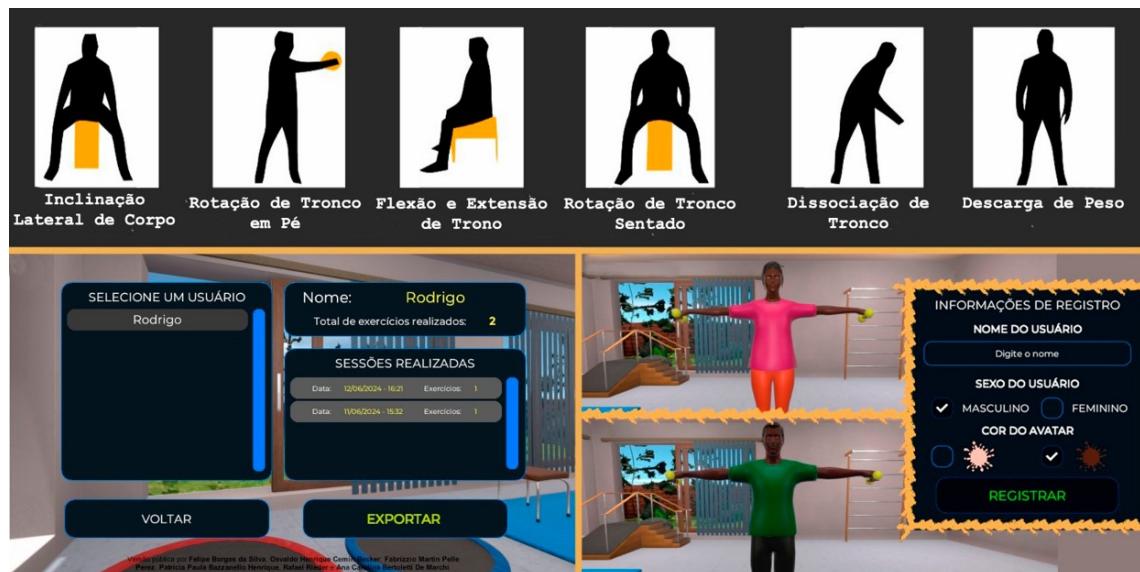


Figura 4. Fisio Virtual 2.0 e suas principais novidades: na parte superior, o suporte de rastreamento de seis novos exercícios; na parte inferior esquerda, a exportação das sessões e desempenho por paciente; e na parte inferior direita, a escolha do avatar e sua tez.

3.5. Sistema de Registro e Histórico

O sistema armazena o histórico de cada paciente, incluindo datas, exercícios e tempo de execução. A principal novidade é a função “Exportar”, que gera um arquivo de planilha (CSV). Para isso, foi criada uma classe específica em Unity que busca os dados no banco de forma tabular. Ao ser acionada, a função cria automaticamente uma pasta em local escolhido pelo usuário, contendo o arquivo com o nome do paciente. Esse recurso, ilustrado na Figura 5, facilita o acompanhamento e a análise dos dados por parte do fisioterapeuta.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Paciente: Felipe							
2								
3	Exercício 1:							
4	Nome do exercício: Diagonal Membro Superior							
5	Tempo: 1:50							
6	Data da sessão: 13/08/2024 - 14:24							
7								
8	Exercício 2:							
9	Nome do exercício: Descarga de Peso							
10	Tempo: 1:03							
11	Data da sessão: 28/08/2024 - 16:00							
12								
13	Exercício 3:							
14	Nome do exercício: Dissociação de Tronco							
15	Tempo: 43							
16	Data da sessão: 28/08/2024 - 16:03							
Nome	Data de modificação	Tipo	Tamanho					
 Felipe_historic	28/08/2024 16:04	Arquivo de Valore...	1 KB					
 User1_historic	13/08/2024 16:17	Arquivo de Valore...	1 KB					
 User2_historic	15/08/2024 16:31	Arquivo de Valore...	1 KB					
 User3_historic	13/08/2024 16:17	Arquivo de Valore...	1 KB					

Figura 5. Exemplo de planilha exportada com dados da sessão.

4. Resultados Preliminares

Uma avaliação preliminar do *Fisio Virtual 2.0* foi conduzida com um especialista em fisioterapia, que acompanhou o projeto desde sua concepção. A avaliação foi realizada por meio de uma entrevista semiestruturada e do método de *walkthrough* cognitivo [LaViola Jr et al. 2017], no qual o especialista executou tarefas típicas (cadastrar paciente, montar uma sessão, testar os exercícios, exportar dados) enquanto verbalizava suas impressões.

O especialista validou o funcionamento dos 14 exercícios, confirmando sua correta execução tanto no modo normal quanto nos de mobilidade reduzida. Ele destacou que a variedade de atividades permite ampliar significativamente as possibilidades terapêuticas. O recurso de ajuste de mobilidade foi apontado como o principal diferencial, por ampliar o alcance do jogo a pacientes com limitações motoras severas. Outros destaques positivos incluíram a interface rica em elementos visuais informativos, o uso de *feedbacks* visual e sonoro disparados a cada etapa concluída do exercício, e a nova funcionalidade de exportação. Esta última foi considerada um aumento na praticidade clínica, permitindo ao fisioterapeuta acessar e imprimir os dados da sessão de forma independente. Para apoiar novos usuários, um tutorial em vídeo foi criado⁴.

A análise do especialista foi além da simples validação funcional, tocando em pontos cruciais da prática terapêutica. A esse respeito, a literatura aponta que a utilização de *feedbacks* imediatos e contínuos é um fator chave para manter o paciente engajado e

⁴<https://tinyurl.com/tutorial-fisiovirtual-2>

atento à tarefa [Teo et al. 2022] - o que favorece a adesão a tratamentos prolongados e, consequentemente, potencializa os resultados terapêuticos. Discutiu-se também como o recurso de ajuste de mobilidade transforma o exergame em uma ferramenta de terapia adaptativa, permitindo ao profissional criar um plano de progressão onde a dificuldade aumenta à medida que o paciente recupera sua função, mantendo o engajamento em um nível ótimo ao longo do tratamento.

É importante ressaltar que esta avaliação é informal e apresenta um claro viés, dado que o avaliador é também um colaborador do projeto. O objetivo desta etapa não foi produzir resultados quantitativos de eficácia, mas sim obter uma validação funcional e de usabilidade para refinar a ferramenta antes de estudos formais. Por fim, o *software* obteve o registro de propriedade intelectual junto ao INPI sob o número BR512025001645-0 [Silva et al. 2025].

5. Conclusão

Este trabalho apresentou o desenvolvimento do *Fisio Virtual 2.0*, um exergame destinado a fisioterapeutas, focado em auxiliar pacientes na execução de cinesioterapia. Sua concepção e implementação representou um avanço significativo em relação à versão original do *exergame*, em termos de usabilidade e de novas funcionalidades.

A inclusão de novos exercícios, a personalização dos avatares e a exportação das atividades para planilhas se destacam entre as principais contribuições da nova versão, ampliando o potencial de aplicação do sistema em ambientes reais de reabilitação. Além disso, a integração de um sistema de limiares adaptativos contribuiu para tornar os exercícios mais acessíveis a pacientes com diferentes níveis de mobilidade.

Apesar das contribuições positivas, o sistema ainda apresenta limitações técnicas, como a dependência de *hardware* e software específicos, a impossibilidade de alterar a aparência do avatar após o cadastro, e a ausência de um instalador da ferramenta e suas dependências. Essas questões estão consideradas em plano de melhorias a curto prazo.

Como trabalhos futuros, pretende-se submeter o projeto a um Comitê de Ética em Pesquisa para conduzir um estudo piloto com fisioterapeutas e pacientes voluntários, para validação clínica formal. Este estudo buscará coletar dados quantitativos (ex: melhora na amplitude de movimento, tempo de execução) e qualitativos (ex: usabilidade, motivação, experiência do usuário) para avaliar a eficácia terapêutica e o impacto do *Fisio Virtual 2.0* como ferramenta complementar em processos de reabilitação.

Referências

- Becker, O. H. C. B. e De Marchi, A. C. B. (2021). Fisio virtual. Patente: Programa de Computador. Número do registro: BR512021001373-5, Data de registro: 29/06/2021, Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial.
- Becker, O. H. C. B., Perez, F. M. P., Henrique, P. P. B., e De Marchi, A. C. B. (2021). A evolução do exergame fisio virtual a partir da experiência de uso de mulheres idosas. In *Anais da VIII Semana do Conhecimento*, pages 1641–1642. UPF.
- Hadjipanayi, C., Banakou, D., e Michael-Grigoriou, D. (2024). Virtual reality exergames for enhancing engagement in stroke rehabilitation: A narrative review. *Heliyon*, 10(18).

- Henrique, P. P., Colussi, E. L., e De Marchi, A. C. (2019). Effects of exergame on patients' balance and upper limb motor function after stroke: a randomized controlled trial. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, 28(8):2351–2357.
- Henrique, P. P. B., Perez, F. M. P., Becker, O. H. C., Bellei, E. A., Biduski, D., Korb, A., Pochmann, D., Dani, C., Elsner, V. R., e De Marchi, A. C. B. (2021). Kinesiotherapy with exergaming as a potential modulator of epigenetic marks and clinical functional variables of older women: Protocol for a mixed methods study. *JMIR Research Protocols*, 10(10):e32729.
- Henrique, P. P. B., Perez, F. M. P., Dorneles, G., Peres, A., Korb, A., Elsner, V., e De Marchi, A. C. B. (2023). Exergame and/or conventional training-induced neuroplasticity and cognitive improvement by engaging epigenetic and inflammatory modulation in elderly women: A randomized clinical trial. *Physiology & Behavior*, 258:113996.
- Ioan-Alexandru, B., Ionel-Bujorel, P., Nicolae, G., Cristina, B. A., Robert, A., e Maria, B. O. (2022). Computer kinesiotherapy movement simulator. In *2022 14th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI)*, pages 1–4. IEEE.
- Ismail, N. A., Hashim, H. A., e Ahmad Yusof, H. (2022). Physical activity and exergames among older adults: a scoping review. *Games for Health Journal*, 11(1):1–17.
- Kisner, C. e Colby, L. A. (2017). *Therapeutic exercise: foundations and techniques*. F.A. Davis Company, 7th edition.
- LaViola Jr, J. J., Kruijff, E., McMahan, R. P., Bowman, D., e Poupyrev, I. P. (2017). *3D user interfaces: theory and practice*. Addison-Wesley Professional.
- Lundy-Ekman, L. (2017). *Neuroscience-E-Book: Fundamentals for Rehabilitation*. Elsevier Health Sciences, 5th edition.
- Manera, V., Ben-Sadoun, G., Aalbers, T., Agopyan, H., Askenazy, F., Benoit, M., Bensamoun, D., Bourgeois, J., Bredin, J., Bremond, F., et al. (2017). Recommendations for the use of serious games in neurodegenerative disorders: 2016 delphi panel. *Frontiers in psychology*, 8:1243.
- Pereira, G., Nohama, P., e Ficheman, I. (2023). Levantamento de Ferramentas de Avaliação da Usabilidade de Exergames para Reabilitação Motora de Idosos. In *Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital (SBGames)*, pages 188–197, Rio de Janeiro - RJ, Brazil. Sociedade Brasileira de Computação (SBC), SBC.
- Perez, F. M. P., Henrique, P. P. B., e De Marchi, A. C. B. (2021). Protocolo de intervenção cinesioterapêutica com exergames para força muscular e equilíbrio em idosos—uma revisão sistemática da literatura. *Research, Society and Development*, 10(13):e113101321063–e113101321063.
- Qiu, Y. e Luximon, Y. (2025). Analysis of postures, perceived physical safety, and technology acceptance of immersive exergames among older adults. *Applied Sciences*, 15(7):3711.

- Rocha, H. A., Rodrigues, K. S., Diniz, J. V. A., e de Paiva, A. C. (2022). Exergame para Reabilitação da Marcha e do Equilíbrio de Pacientes Pós-acidente Vascular Encefálico. In *Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital (SBGames)*, pages 671–680, Natal - RN, Brazil. Sociedade Brasileira de Computação (SBC), SBC.
- Silva, F. B. d., Becker, O. H. C. B., Henrique, P. P. B., Perez, F. M. P., Rieder, R., e De Marchi, A. C. B. (2025). Fisio virtual 2.0. Patente: Programa de Computador. Número do registro: BR512025001645-0, Data de registro: 29/04/2025, Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial.
- Teo, J. L., Zheng, Z., e Bird, S. R. (2022). Identifying the factors affecting ‘patient engagement’ in exercise rehabilitation. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 14(1):18.