

Gamificação com Hardware de Baixo Custo como Ferramenta de Apoio à Motricidade dos Membros Superiores

Francisca Lorrayne de Lima Santos
Interdisciplinar em Tecnologia da Informação
UFERSA
Pau dos Ferros, Brasil
santosfranciscalorrayne@gmail.com

Francisco Carlos Gurgel da Silva Segundo
Engenharias e Tecnologia
UFERSA
Pau dos Ferros, Brasil
francisco.segundo@ufersa.edu.br

Resumo—Os jogos sérios têm sido amplamente utilizados em contextos educacionais, clínicos e terapêuticos por combinarem elementos lúdicos com objetivos funcionais, oferecendo uma experiência motivadora e orientada ao desenvolvimento de habilidades. Este trabalho propõe o desenvolvimento de uma ferramenta baseada em gamificação aplicada como apoio às atividades motoras dos membros superiores, voltada a pessoas com limitações de mobilidade, com foco em usuários com Síndrome de Down. O projeto fundamenta-se em estudos sobre jogos sérios e tecnologias assistivas, propondo o desenvolvimento de um sistema integrado de *hardware* e *software*. A metodologia adotada envolveu a construção de um protótipo vestível de baixo custo, composto por uma luva interativa integrada a um jogo digital embarcado, no qual as ações do usuário controlam elementos do ambiente virtual em tempo real. Os resultados obtidos indicam boa aceitação do sistema e elevado nível de engajamento dos usuários. Conclui-se que a combinação entre tecnologia assistiva, *hardware* interativo e jogo digital representa uma abordagem promissora como ferramenta de apoio às atividades motoras, tornando o processo mais acessível e atrativo.

Palavras-chave—Gamificação; Tecnologia Assistiva; Sistema Integrado; Estimulação Motora; Ambientes Digitais.

I. INTRODUÇÃO

O comprometimento motor dos membros superiores (MS) impacta diretamente a autonomia e a qualidade de vida dos indivíduos. Algumas pessoas nascem com comprometimento nos membros superiores, especialmente nas mãos, como é o caso de pessoas com Síndrome de Down que frequentemente apresentam hipotonia muscular e hipermobilidade articular. Essa condição limita a capacidade de segurar objetos e de realizar atividades que exigem coordenação motora fina [1].

Pesquisas apontam que as limitações motoras em pessoas com Síndrome de Down podem ser reduzidas com a prática de atividades acompanhadas por um profissional especializado em fisioterapia. A revisão [2] evidencia que a fisioterapia é fundamental para melhorar o tônus, fortalecer a musculatura dos membros superiores e inferiores e favorecer a coordenação motora fina e grossa, promovendo assim uma

maior autonomia funcional. Adicionalmente, o estudo [3] salienta que a constância nas práticas terapêuticas resulta em ganhos significativos na estabilidade postural, na força muscular e na execução de movimentos funcionais, sobretudo em crianças com hipotonia e hipermobilidade articular. Esses resultados destacam a importância da adesão à fisioterapia com profissionais preparados para a população que apresenta comprometimento dos membros superiores, o que justifica o desenvolvimento de tecnologias assistivas e abordagens terapêuticas voltadas para essas necessidades. No entanto, a efetividade dessas intervenções depende diretamente da adesão contínua ao tratamento.

As abordagens tradicionais de reabilitação dos membros superiores apresentam problemas, como baixa adesão, devido à monotonia das práticas, o que gera desmotivação do paciente que, em muitos casos, pode comprometer os resultados terapêuticos e levar até mesmo a desistência da fisioterapia. Diante desse cenário, torna-se necessária a adoção de soluções que aumentem a adesão ao tratamento, diminuam a desistência dos pacientes e tornem a fisioterapia mais inovadora e engajada. Consequentemente, espera-se um tratamento mais eficiente e menos desgastante. A aplicação de gamificação e jogos sérios em contextos de apoio à fisioterapia domiciliar permite a personalização dos exercícios, promovendo maior engajamento e adesão à terapia.

A gamificação aliada ao *hardware* apresenta-se como uma alternativa promissora para tornar o processo terapêutico de apoio à reabilitação mais eficiente e menos desgastante. Segundo o estudo [4], a gamificação é regularmente definida como o uso de elementos de jogos em contextos não relacionados a jogos. Diante disso, quando aplicada como ferramenta complementar no contexto da reabilitação dos membros superiores, poderá potencializar o engajamento do paciente, em função do uso de métodos mais lúdicos e menos repetitivos, tornando-se uma importante aliada no apoio ao processo de recuperação funcional.

Apesar dos avanços no uso de gamificação e dispositivos

baseados em *hardware* na melhoria da condição motora, pode-se observar uma limitação na integração entre duas soluções, a de baixo custo e abordagens gamificadas voltadas à motricidade dos membros superiores, confirmando uma lacuna existente no desenvolvimento de ferramentas acessíveis, ágeis e interativas neste contexto.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo desenvolver e analisar o uso da gamificação em conjunto com *hardware* de baixo custo como ferramenta de apoio à motricidade dos membros superiores, por meio da análise de engajamento, usabilidade e interação dos usuários com o sistema.

Como objetivos específicos, buscam-se: (i) desenvolver um protótipo vestível de baixo custo; (ii) integrar o dispositivo a um jogo digital; (iii) analisar qualitativamente a aceitação e o engajamento dos usuários a partir de observações durante o uso, considerando critérios como nível de interação, tempo de adaptação e facilidade de uso; (iv) identificar limitações e potencialidades da proposta com base nos testes preliminares realizados em ambiente controlado.

A solução proposta baseia-se na aplicação de elementos lúdicos, nos quais o paciente pode controlar o personagem com os próprios movimentos e assim estimular os movimentos dos membros superiores, como flexão e extensão dos dedos, além da coordenação motora fina, favorecendo o processo de adesão à fisioterapia, tornando o processo terapêutico mais dinâmico e eficaz. Desse modo, pretende-se contribuir para a melhoria da qualidade de vida dos pacientes, oferecendo alternativas inovadoras, que integram o uso da tecnologia como ferramenta de apoio ao tratamento.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

A. Reabilitação motora dos membros superiores

A reabilitação motora dos membros superiores é imprescindível para o processo de recuperação funcional de pessoas com comprometimentos motores, impactando diretamente sua autonomia e qualidade de vida. Nesse contexto, [2] apontam que a fisioterapia é fundamental para melhorar o tônus, fortalecer a musculatura dos membros superiores e inferiores e favorecer a coordenação motora fina e grossa, promovendo maior autonomia funcional.

Adicionalmente, [3] destacam que a constância nas práticas terapêuticas resulta em ganhos significativos na estabilidade postural, na força muscular e na execução de movimentos funcionais, sobretudo em crianças com hipotonia e hiper mobilidade articular. Esses resultados evidenciam a importância da adesão à fisioterapia com profissionais preparados para atender indivíduos com comprometimento dos membros superiores.

Apesar dos benefícios, a eficácia dessas intervenções depende da adesão dos pacientes, que ainda representa um desafio no contexto terapêutico.

B. Adesão à fisioterapia e gamificação na reabilitação motora

Apesar dos benefícios da fisioterapia, as abordagens tradicionais de reabilitação dos membros superiores apresentam limitações, como a baixa adesão decorrente da monotonia das

práticas, o que pode gerar desmotivação e comprometer os resultados terapêuticos, levando, em alguns casos, à interrupção do tratamento. Nesse contexto, a gamificação surge como uma ferramenta de apoio à adesão ao tratamento.

Segundo [4], a gamificação é definida como o uso de elementos de jogos em contextos não relacionados a jogos. Quando aplicada como ferramenta complementar no contexto da reabilitação dos membros superiores, pode potencializar o engajamento dos pacientes por meio de abordagens mais lúdicas e interativas, contribuindo para o processo de recuperação funcional.

Entretanto, sua aplicação em contextos terapêuticos ainda depende da adaptação às limitações motoras dos usuários e da integração com dispositivos físicos capazes de capturar os movimentos de forma eficiente.

C. Soluções baseadas em hardware para fisioterapia

Diversas soluções baseadas em *hardware* já são utilizadas no apoio à motricidade, especialmente em relação aos movimentos finos dos membros superiores. Entre essas abordagens, destaca-se a utilização de luvas inteligentes, como a proposta de [5], que investiga o impacto de um sistema digital no apoio à reabilitação motora após Acidente Vascular Cerebral (AVC). O estudo evidencia a eficácia do uso de dispositivos interativos no processo terapêutico.

Outro exemplo relevante é o *PARS (Portable Arm Rehabilitation System)*, que apresenta uma solução acessível para terapias dos membros superiores utilizando *hardware* de baixo custo [6]. Essas abordagens evidenciam o potencial do uso de dispositivos físicos e sensores na captura de movimentos e no auxílio às atividades fisioterapêuticas.

Contudo, apesar dos avanços, essas soluções apresentam limitações relacionadas ao custo, à complexidade de implementação e à necessidade de acompanhamento especializado, o que pode dificultar sua adoção em contextos com poucos recursos.

A partir dessa análise, observa-se uma limitação na integração entre soluções de baixo custo, dispositivos físicos acessíveis e abordagens baseadas em gamificação no contexto da reabilitação motora dos membros superiores, evidenciando uma lacuna na literatura. Dessa forma, o presente trabalho busca contribuir ao propor uma solução que combina esses elementos de maneira integrada e acessível.

III. METODOLOGIA

O presente trabalho consiste em uma pesquisa aplicada, de abordagem qualitativa e caráter exploratório. Dessa forma, foram realizados testes na APAE, uma associação sem fins lucrativos que atende usuários com diagnósticos variados, como Síndrome de Down, transtorno do espectro do autismo e deficiência intelectual, com cerca de doze (12) participantes. Cada teste consistiu na utilização da luva sensorizada integrada ao jogo digital, na qual os participantes realizaram movimentos de abertura e fechamento das mãos, com o objetivo de estimular a coordenação motora fina e interagir com o sistema.

A coleta de dados foi realizada por meio de observação direta durante os testes na APAE, considerando os seguintes critérios: engajamento, facilidade de uso, tempo de adaptação e resposta aos estímulos. Os resultados obtidos foram analisados de forma qualitativa, com o intuito de identificar padrões, como por exemplo: comportamentos, limitações e potencialidades da proposta no contexto terapêutico.

IV. FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

No desenvolvimento do circuito da luva foi utilizado uma placa microcontroladora Arduino com três *push buttons* conectados em uma *protoboard*. Eles foram ligados diretamente aos pinos digitais 2, 4 e 8, onde foram configurados como entradas, utilizando o *Ground* (GND) como referência.

Como ilustrado na Fig. 1, o sistema integra a luva sensorizada, o circuito eletrônico e o ambiente de jogo digital.



Fig. 1. Protótipo completo do sistema desenvolvido.

De modo geral, o acionamento do sistema ocorre quando os dedos entram em contato com as placas condutoras fixadas à luva, conectando o pino ao nível lógico baixo. Essa alternativa foi adotada para manter a complexidade o mais baixa possível, já que não foram utilizados resistores de *pull-up* ou *pull-down* externos. Assim, o funcionamento do circuito depende do estado interno do pino: ele é lido como *high* quando as mãos estão abertas e *low* quando os dedos pressionam a placa de contato colada na luva. O circuito utilizou o *pull-up* interno do Arduino, eliminando a necessidade de resistores externos. Dessa forma, o pino permanece em *high* normalmente e, ao pressionar, seu estado muda para *low*, conectando-se diretamente ao GND do Arduino.

A luva foi escolhida devido a sua adaptabilidade à anatomia da mão, o que proporciona maior liberdade durante a interação com o sistema. Durante a utilização da luva, são estimulados vários movimentos funcionais do membro superior, descritos

tecnicamente segundo a nomenclatura da fisioterapia. Em síntese, o principal movimento exigido pelo jogo corresponde à flexão e extensão dos dedos, que é feita de forma repetitiva durante a abertura e o fechamento das mãos o que aciona as placas de contato. O mesmo está diretamente associado à preensão palmar, visto que o contato entre as superfícies condutoras vai de acordo com a capacidade do usuário de envolver e pressionar os dedos contra a palma da mão, habilidade fundamental para a execução de atividades funcionais do cotidiano [7].

A construção da luva foi pensada de forma que permitisse que os elementos eletrônicos não se tornassem desconfortáveis ao usuário. Com isso, cada dedo da luva passou a receber uma pequena tira de velcro, permitindo que o contato entre as superfícies atue como um gatilho para as placas de contato, que são responsáveis por enviar os comandos ao Arduino, garantindo, assim, melhor estabilidade e execução dos movimentos, além de permitir ajustes de acordo com o formato anatômico da mão.

O código foi estruturado de forma modular, permitindo fácil manutenção e futuras expansões, como a inclusão de novos sensores e mecânicas de jogo.

V. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho devem ser analisados considerando o caráter exploratório e qualitativo da pesquisa. A análise realizada não teve como propósito avaliar ganhos funcionais específicos dos membros superiores, mas sim identificar aspectos relacionados à aceitação do dispositivo, como o engajamento dos usuários e o potencial terapêutico da proposta no contexto da fisioterapia.

A aplicação da luva na prática demonstrou que o sistema apresenta funcionamento estável e resposta adequada aos estímulos realizados pelos usuários. Em síntese, a integração entre a luva sensorizada e o jogo digital mostrou-se eficiente, permitindo que os movimentos de flexão e extensão dos dedos fossem corretamente traduzidos em comandos dentro do ambiente virtual.

Como apresentado na Fig. 2, observa-se a interação dos participantes com a luva sensorizada.



Fig. 2. Testes do protótipo do sistema realizados na APAE, evidenciando a interação dos usuários com a luva sensorizada e o ambiente de jogo digital.

Em geral, observou-se que alguns dos participantes apresentaram dificuldades para movimentar os dedos ao tentar

abrir e fechar as mãos, mas persistiram e obtiveram um bom desempenho. Dessa forma, esse comportamento reforça o potencial da gamificação como estratégia motivacional no contexto terapêutico.

Mesmo com a aceitação positiva da luva, também foram identificadas algumas limitações relacionadas às características motoras e cognitivas dos usuários. Entre elas, destacou-se a necessidade de maior tempo para compreensão das regras do jogo, bem como variações no tempo de resposta aos estímulos visuais e sonoros. Alguns alunos demonstraram limitações na coordenação motora fina, necessitando de auxílio inicial para colocar as luvas e se adaptar ao uso do dispositivo. Notou-se ainda variação no nível de atenção sustentada ao longo da atividade, influenciando o desempenho durante a interação com o jogo.

A análise de custo da luva sensorizada evidencia a viabilidade do desenvolvimento de uma solução tecnológica acessível, utilizando componentes de baixo custo e fácil obtenção no mercado. Conforme apresentado na Tabela 1, o investimento total para a construção do protótipo foi de 81,25 reais, valor significativamente inferior ao de sistemas comerciais com funcionalidades semelhantes.

Tabela 1
TABELA DE CUSTO ESTIMADO DA LUVA

Item	Descrição	Unitário (R\$)	Total (R\$)
1	Luva de pano	10,00	20,00
2	Arduino	35,00	35,00
3	Jumpers macho-fêmea	1,00	7,00
4	Cabo de rede	3,00	6,00
5	Placas de contato em cobre	0,50	2,50
6	Caixa plástica	7,00	7,00
7	Solda estanho	2,50	2,50
8	Velcro	0,50	0,25
9	Cola quente	1,00	1,00
		Total estimado	81,25

Portanto, a luva apresenta-se como uma alternativa promissora para complementar práticas fisioterapêuticas tradicionais, tornando-as mais atrativas e interativas.

VI. CONCLUSÃO

O trabalho teve como objetivo desenvolver um dispositivo vestível que integra conceitos de gamificação como recurso de apoio ao processo terapêutico dos membros superiores, buscando tornar o processo fisioterapêutico mais lúdico, acessível e motivador. A proposta pretende contribuir para o aumento da adesão ao tratamento, reduzindo desistências ao oferecer uma experiência mais interativa e alinhada às necessidades dos pacientes.

A luva gamificada mostrou-se uma ferramenta relevante nesse contexto, pois possibilita que métodos tradicionais de fisioterapia se tornem mais dinâmicos e atrativos. Dessa forma, o paciente passa a realizar os movimentos terapêuticos de maneira mais leve e envolvente, muitas vezes percebendo menos a repetitividade dos exercícios. Essa característica favorece a continuidade do tratamento e amplia o engajamento.

Apesar dos resultados positivos, foram identificadas algumas limitações no processo inicial de adaptação dos usuários

ao sistema. Diante disso, pretende-se, como trabalhos futuros, desenvolver versões da luva que atendam a diferentes perfis de usuários, bem como explorar a utilização dos contatos em outros membros do corpo. Além disso, propõe-se a criação de novas abordagens de jogos, juntamente com otimizações e melhorias no hardware desenvolvido, visando ampliar sua compatibilidade com diferentes dispositivos, como diferentes formas de entrada em televisores.

Adicionalmente, o desenvolvimento do jogo buscou criar um ambiente seguro, divertido e de baixo custo para a execução dos exercícios. A solução proposta demonstra potencial de aplicação em diferentes faixas etárias, tornando-se uma alternativa acessível e capaz de complementar práticas já utilizadas no processo terapêutico motor.

Ressalta-se que os testes realizados envolveram majoritariamente pessoas com Síndrome de Down, o que delimita o escopo dos resultados apresentados. Assim, futuras investigações poderão ampliar a aplicação do sistema para outros públicos, avaliando sua eficácia em diferentes condições clínicas.

REFERÊNCIAS

- [1] GE. L. Guimarães et al., "Características motoras e cognitivas na Síndrome de Down: desafios e possibilidades na educação inclusiva," *Revista Brasileira de Educação Especial*, vol. 25, no. 4, pp. 653–670, 2019.
- [2] G. do C. Mariz, K. M. da S. R. Silva, and A. G. Moraes, "Efeitos da equoterapia na reabilitação de praticantes com Síndrome de Down," *REAL – Revista de Educação e Letras*, vol. 3, no. 1, 2024.
- [3] M. L. Santos and P. P. Lamb, "Efeitos da intervenção fisioterapêutica no desenvolvimento motor de crianças com Down Syndrome: a literature review," *Research, Society and Development*, vol. 12, no. 12, 2023.
- [4] S. Deterding, "Beyond classical definition: the non-definition of gamification," *SN Computer Science*, vol. 2, no. 3, pp. 1–9, 2021, doi: 10.1007/s42979-021-00472-4.
- [5] J. Kim et al., "A Smart Glove Digital System Promotes Restoration of Upper Limb Motor Function," *Journal of Clinical Medicine*, vol. 11, no. 24, p. 7343, 2022. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2077-0383/11/24/7343>. [Accessed: Dec. 04, 2025].
- [6] M. Koçak and E. Gezin, "PARS: low-cost portable rehabilitation system for upper arm," *HardwareX*, vol. 11, e00299, 2022.
- [7] C. E. Lang, S. L. DeJong, and J. A. Beebe, "Recovery of thumb and finger extension and its relation to grasp performance after stroke," *Journal of Neurophysiology*, vol. 102, no. 1, pp. 451–459, 2009. [Online]. Available: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2712280/>. [Accessed: Dec. 18, 2025].
- [8] J. Urbina-Alarcón, A. Angulo, V. E. Abarca, and D. A. Elias, "Evaluation of wrist and finger function in healthy children through music-based video game therapy," *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, vol. 22, no. 1, p. 198, 2025, doi: 10.1186/s12984-025-01742-5. [Online]. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41023708/>. [Accessed: Dec. 18, 2025].