

EMGInvaders: Um Jogo Controlado por Eletromiografia Facial para Treinamento Muscular e Reabilitação

Renato Alves de Sousa¹, Gustavo Guedes¹

¹ CEFET/RJ - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca
Av. Maracanã, 229 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil.

renato.sousa@aluno.cefet-rj.br, gustavo.guedes@cefet-rj.br

Abstract. *Facial rehabilitation often depends on repetitive exercises, which may reduce patient engagement over time. Although electromyography-based games have shown promise in rehabilitation, applications focused on facial muscle activity remain less explored in the literature. This paper presents EMGInvaders, a Space Invaders-inspired game controlled by facial surface electromyography signals. The proposed system converts facial muscle activity into ship movement commands through an EMG sensor. Initial tests showed positive results for ship movement controlled by facial contraction, indicating the technical feasibility of the proposal and motivating future experiments.*

Resumo. *A reabilitação facial frequentemente depende de exercícios repetitivos, o que pode reduzir o engajamento dos pacientes ao longo do tempo. Embora jogos controlados por eletromiografia apresentem potencial em contextos de reabilitação, aplicações voltadas à musculatura facial ainda são menos exploradas na literatura. Este artigo apresenta o EMGInvaders, um jogo inspirado em Space Invaders controlado por sinais de eletromiografia facial de superfície. O sistema converte atividade muscular facial em comandos de movimentação da nave por meio de um sensor EMG. Testes iniciais indicaram resultados positivos para a movimentação da nave por contração facial, apontando a viabilidade técnica da proposta e motivando futuros experimentos.*

1. Introdução

A eletromiografia (EMG) é uma técnica amplamente utilizada para registrar a atividade elétrica produzida pelos músculos durante a contração. Na forma de eletromiografia de superfície (sEMG), sua aplicação é não invasiva, por meio de eletrodos posicionados sobre a pele, o que favorece seu uso em contextos clínicos, experimentais e interativos [Campanini et al., 2020]. Nos últimos anos, sinais EMG têm sido empregados não apenas na avaliação muscular, mas também como mecanismo de interface homem-máquina, permitindo sua utilização no controle de sistemas computacionais, dispositivos assistivos e contextos de reabilitação [Kaifosh and Reardon, 2025; Chaudhary et al., 2020].

No contexto das disfunções neuromotoras que afetam a região de cabeça e pescoço, prejuízos musculares podem comprometer funções essenciais, como fala, deglutição, expressão facial e estabilidade postural [Charters et al., 2023]. Em especial, a musculatura facial tem papel relevante em processos de reabilitação relacionados à paralisia facial, alterações neurológicas e reeducação funcional. Entretanto, esses processos

terapêuticos costumam envolver exercícios repetitivos e prolongados, o que pode reduzir a motivação, a adesão e o engajamento do paciente ao tratamento [Langhorne et al., 2011; Souza et al., 2021]. Nesse cenário, jogos sérios (*serious games*) surgem como alternativa para tornar exercícios terapêuticos mais atrativos, ao incorporar desafios, metas e *feedback* em tempo real [Vieira et al., 2021; Souza et al., 2021].

Embora o uso de jogos para reabilitação motora tenha crescido, boa parte das soluções descritas na literatura concentra-se nos membros superiores [Proença et al., 2018; Rose-Dulcina et al., 2025]. No caso da face, revisões recentes indicam que ferramentas gamificadas apresentam potencial para estimular exercícios miofuncionais e ampliar o engajamento dos pacientes, mas a área ainda carece de maturidade tecnológica e avaliações sistemáticas em contexto clínico [Sousa et al., 2025]. Além disso, a utilização de EMG facial impõe desafios próprios, como menor amplitude dos sinais, proximidade entre grupos musculares e necessidade de calibração mais sensível [Franz et al., 2024].

Diante desse cenário, este trabalho apresenta um jogo no estilo *Space Invaders* controlado por sinais mioelétricos faciais, no qual contrações musculares da face, como o sorriso, são convertidas em comandos de jogo por meio de sEMG facial. Tecnologias interativas baseadas em sinais mioelétricos podem contribuir para estratégias de apoio a pessoas com alterações funcionais na musculatura facial, especialmente quando concebidas como soluções acessíveis, adaptáveis e de baixo custo. Além do potencial terapêutico, a proposta dialoga com políticas públicas voltadas à autonomia e inclusão de pessoas com deficiência [MDHC, 2023], ao desenvolver uma interface para apoio ao treinamento muscular facial. Nesse sentido, o trabalho também se alinha ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 3 da Organização das Nações Unidas, ao investigar uma solução tecnológica voltada à promoção da saúde, do bem-estar e de estratégias de apoio à reabilitação.

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta os trabalhos correlatos; a Seção 3 descreve o desenvolvimento do jogo; a Seção 4 apresenta os testes e resultados iniciais; e, por fim, a Seção 5 traz as considerações finais.

2. Trabalhos Correlatos

Diversos estudos investigam o uso de jogos controlados por sinais eletromiográficos em contextos de reabilitação. No campo da disfagia, Stepp et al. [2011] criaram um sistema de *biofeedback* baseado em sEMG integrado a um jogo. O objetivo consistia em manter a elevação laríngea por intervalos específicos, promovendo exercícios de sustentação muscular em tempo real. De modo complementar, Muguro et al. [2020] apresentaram uma interface de jogo baseada em sEMG na região do pescoço, voltada ao entretenimento de pacientes tetraplégicos. O estudo reforça o potencial do uso de sinais mioelétricos em regiões não convencionais como mecanismo de interação em jogos digitais.

No contexto da musculatura facial, o trabalho de Wang et al. [2015] se destaca por propor um sistema de reabilitação controlado por EMG para pacientes com esclerose lateral amiotrófica em estágios avançados. Nessa abordagem, eletrodos foram posicionados na região do queixo para captar expressões faciais associadas a diferentes comandos, utilizados para controlar uma adaptação computacional do jogo *Dance Dance Revolution*. A detecção das expressões foi realizada por meio de análise temporal e limiarização do sinal, alcançando elevada acurácia na identificação dos movimentos faciais. Esse resultado reforça a viabilidade do uso de sEMG facial como mecanismo de interação em jogos

digitais voltados ao treino motor e ao engajamento terapêutico.

Diferentemente dos estudos citados, que se concentram sobretudo em tarefas terapêuticas específicas, como elevação laríngea sustentada, movimento do pescoço ou reconhecimento de expressões faciais previamente definidas [Stepp et al., 2011; Muguro et al., 2020; Wang et al., 2015], o presente trabalho adota uma proposta centrada na interação contínua em um jogo de ação no estilo *Space Invaders*, no qual sinais mioelétricos faciais são utilizados para controle em tempo real. Enquanto os trabalhos anteriores exploram, em geral, respostas discretas associadas a eventos musculares ou comandos terapêuticos bem delimitados, esta pesquisa investiga uma dinâmica de jogo mais ativa e responsiva, com potencial de exigir coordenação, repetição e ajuste fino da ativação muscular ao longo da partida.

3. Metodologia e Desenvolvimento do EMGInvaders

A metodologia adotada compreende o desenvolvimento de um jogo controlado por sinais de eletromiografia de superfície (sEMG) captados na face do participante. A arquitetura é composta por um sensor de EMG, um microcontrolador Arduino Uno, duas baterias de 9V e um computador responsável pela execução do jogo e recepção dos dados via comunicação serial. A Figura 1 apresenta o esquema geral de conexão entre os componentes. Nessa configuração, o sensor de EMG é alimentado por duas baterias de 9V, enquanto o Arduino Uno realiza a leitura do sinal proveniente do sensor e o encaminha ao computador. O uso de alimentação externa busca garantir o funcionamento adequado do circuito e a aquisição do sinal mioelétrico necessário para o controle do jogo.

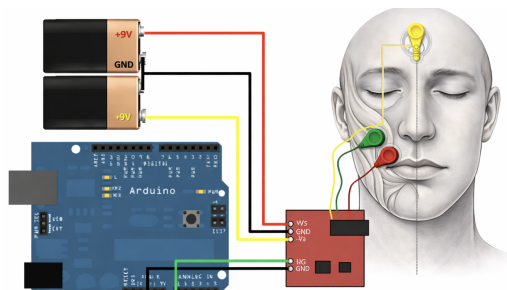


Figura 1. Esquema de conexão do sistema proposto, incluindo duas baterias de 9V, Arduino Uno, módulo sensor EMG e posicionamento dos eletrodos.

Para a aquisição do sinal, foram utilizados três eletrodos, posicionados na face do participante, conforme ilustrado na Figura 1. O eletrodo amarelo foi fixado na região frontal, enquanto os eletrodos verde e vermelho foram posicionados na região zigomática, visando captar a atividade mioelétrica associada a contrações faciais utilizadas como entrada de controle. Essa configuração foi escolhida por favorecer a detecção de ativações musculares em uma região de interesse compatível com a proposta do jogo.

O jogo foi desenvolvido em Python, utilizando principalmente a biblioteca Pygame, amplamente empregada na prototipagem e no desenvolvimento de jogos 2D. Essa biblioteca fornece recursos para criação de janelas gráficas, renderização de imagens (*sprites*), gerenciamento de eventos de entrada, controle de tempo e atualização contínua da interface por meio de um laço principal de execução. No presente projeto, o Pygame foi utilizado para criar a janela do jogo, desenhar os *sprites* da nave e dos inimigos na

tela, atualizar a posição dos objetos ao longo do tempo, processar entradas do teclado durante a fase inicial de prototipagem e controlar a taxa de quadros. A Figura 2 apresenta a interface do jogo desenvolvido, inspirada no jogo *Space Invaders*. Na Figura 2(a), observa-se a tela inicial, na qual ocorre a calibração do sinal antes do início da partida; a linha “Calibrando EMG” apresenta a leitura atual do sensor e o limiar calculado para ativação. Na Figura 2(b), durante a partida, observa-se o tempo (que decresce); o valor 2,19 corresponde à leitura instantânea do sinal, o limiar 2,51 representa o valor calibrado para ativação e o estado “neutro” indica ausência de movimento por contração. Durante a partida, contrações faciais com valores acima do limiar deslocam a nave para a direita, enquanto a seta para a esquerda, ao ser pressionada, desloca a nave no sentido oposto.

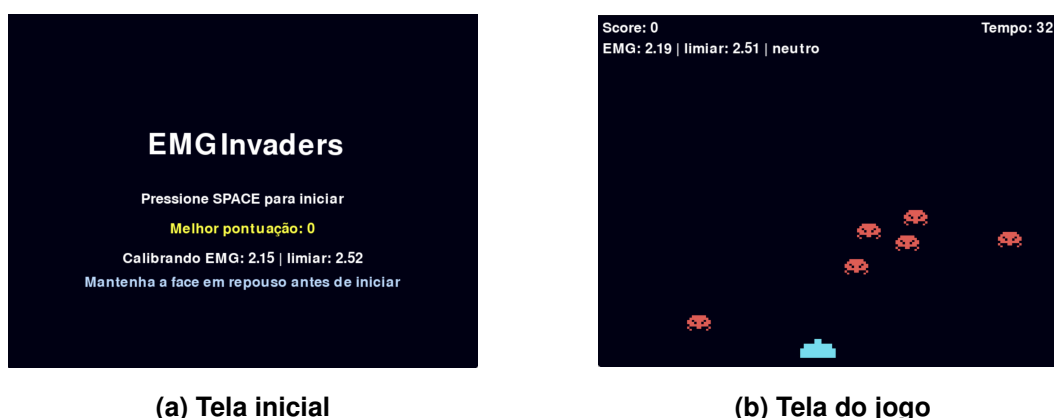


Figura 2. Interface do jogo (EMGInvaders), inspirado em *Space Invaders*.

Para a etapa de integração com o sensor de eletromiografia, foi utilizada a biblioteca `PySerial`, responsável pela comunicação entre a aplicação em Python e o microcontrolador conectado ao computador por meio de porta serial USB. Nesse arranjo, o Arduino Uno realiza a leitura do sinal proveniente do sensor EMG e transmite os valores ao computador em tempo real. O programa em Python, por sua vez, utiliza o `PySerial` para receber esses dados, filtrá-los, calcular o limiar na tela inicial e convertê-los em comandos de movimento para a nave dentro do jogo. Dessa forma, a atividade muscular facial captada pelo sistema pode ser utilizada diretamente como mecanismo de controle.

O desenvolvimento do sistema foi inicialmente conduzido com entradas convencionais de teclado, a fim de validar a lógica do jogo, a movimentação da nave, o disparo de projéteis e o comportamento dos inimigos. Em seguida, a arquitetura foi adaptada para associar o movimento lateral direito da nave ao comando derivado do sinal mioelétrico.

4. Testes e Resultados Iniciais

Os testes tiveram como objetivo verificar a viabilidade técnica do controle da nave a partir de sinais mioelétricos faciais captados por sEMG. Antes da execução das partidas, foi realizada uma etapa de preparação experimental, envolvendo o posicionamento dos eletrodos, a verificação da estabilidade do sinal em repouso e a calibração do limiar de ativação utilizado para distinguir contrações faciais de oscilações basais do sinal. A Figura 1 apresenta o posicionamento adotado para os sensores durante os testes preliminares.

No experimento realizado, o processo de calibração definiu um limiar igual a 2,51. Durante a partida, valores de leitura superiores a esse limiar, associados à contração fa-

cial, foram interpretados como comando de deslocamento da nave para a direita. Valores abaixo do limiar foram classificados como estado neutro, sem geração de movimento por EMG, enquanto a seta para a esquerda foi mantida como controle auxiliar para deslocamento à esquerda. Esse arranjo permitiu avaliar, de forma controlada, a comunicação entre sensor, Arduino Uno, aplicação em Python e resposta visual no jogo.

Os resultados preliminares indicaram que o sistema foi capaz de captar variações do sinal facial e convertê-las em comandos funcionais na interface desenvolvida. Observou-se resposta consistente da nave às contrações faciais correspondentes: quando os valores de EMG ultrapassaram o limiar calibrado, ocorreu deslocamento para a direita; quando as leituras permaneceram abaixo desse valor, o sistema manteve o estado neutro. Embora os testes tenham caráter exploratório, a resposta observada indica que o limiar calibrado foi suficiente, nesta configuração inicial, para discriminar repouso e ativação muscular durante a interação com o jogo, demonstrando integração funcional entre aquisição mioelétrica, processamento do sinal e resposta visual em tempo real.

5. Considerações finais

Este trabalho apresentou o desenvolvimento inicial do *EMGInvaders*, um jogo inspirado em *Space Invaders* e controlado por sinais de eletromiografia facial. A proposta integrou um módulo sensor de EMG, um Arduino Uno, alimentação com duas baterias de 9V e uma aplicação desenvolvida em Python, capaz de converter atividade muscular facial em comandos de movimentação da nave. Além da descrição da arquitetura do sistema, o artigo apresentou o posicionamento dos eletrodos faciais e a interface gráfica do jogo, desenvolvida para os testes preliminares.

Os testes indicaram que o sistema foi capaz de realizar a leitura do sinal muscular e utilizá-la para controlar o deslocamento da nave para o lado direito. A calibração automática do limiar permitiu distinguir repouso e ativação facial, enquanto o controle por teclado à esquerda preservou a jogabilidade nesta etapa de validação técnica. Esses resultados evidenciam a viabilidade da integração entre o sensor EMG e o jogo.

Como limitação, destaca-se que os testes foram conduzidos em etapa inicial de validação técnica, sem avaliação sistemática com múltiplos participantes ou métricas clínicas de desempenho. Como continuidade da pesquisa, prevê-se a ampliação do sistema para permitir experimentos com controle bilateral, além da definição de métricas de desempenho, como tempo de resposta, acurácia de ativação e estabilidade do sinal. Além disso, o projeto já foi submetido ao Comitê de Ética, por meio da Plataforma Brasil, para que experimentos com participantes humanos possam ser conduzidos de forma segura, permitindo avaliar a usabilidade e a responsividade do sistema.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

Campanini, I., Disselhorst-Klug, C., Rymer, W. Z., and Merletti, R. (2020). Surface emg in clinical assessment and neurorehabilitation: Barriers limiting its use. *Frontiers in Neurology*, 11:934.

- Charters, E., Coulson, S., and Low, T. (2023). Oral incompetence: changes in speech intelligibility following facial nerve paralysis. *Journal of Plastic, Reconstructive Aesthetic Surgery*, 87:472–478.
- Chaudhary, U., Birbaumer, N., and Ramos-Murguialday, A. (2020). Brain–machine interfaces for rehabilitation: Review of controlled studies. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*.
- Franz, L., de Filippis, C., Daloiso, A., Biancoli, E., Iannacone, F. P., Cazzador, D., Tealdo, G., Marioni, G., Nicolai, P., and Zanoletti, E. (2024). Facial surface electromyography: A systematic review on the state of the art and current perspectives. *American Journal of Otolaryngology*, 45(1):104041.
- Kaifosh, P. and Reardon, T. R. (2025). A generic non-invasive neuromotor interface for human-computer interaction. *Nature*, 645(8081):702–711.
- Langhorne, P., Bernhardt, J., and Kwakkel, G. (2011). Stroke rehabilitation. *The Lancet*, 377(9778):1693–1702.
- MDHC (2023). Plano Novo Viver Sem Limite. Disponível em: <https://www.gov.br/mdh/pt-br/navegue-por-temas/pessoa-com-deficiencia/acoes-e-programas/plano-novo-viver-sem-limite>. Acesso em: 30 abr. 2026.
- Muguro, J. K., Sasaki, M., Matsushita, K., Njeri, W., Laksono, P. W., and Suhaimi, M. S. A. B. (2020). Development of neck surface electromyography gaming control interface for application in tetraplegic patients’ entertainment. In *AIP Conference Proceedings*, volume 2217.
- Proença, J. P., Quaresma, C., and Vieira, P. (2018). Serious games for upper limb rehabilitation: a systematic review. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 13(1):95–100.
- Rose-Dulcina, K., Armand, S., and Cacioppo, M. (2025). Using game performance measure to assess upper limb motor function in children with neuromotor disorders: a systematic review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 22:177.
- Sousa, D. L., Teixeira, S., de Oliveira, A. C., Lima, L. D. B., Moreira, R., Silva, F., and Teles, A. S. (2025). Computer-based gamified tools for facial rehabilitation: A scoping review. *Games for Health Journal*, 14(1):11–20.
- Souza, C. H., Oliveira, D., Berreta, L., and Carvalho, S. (2021). Jogos digitais e engajamento na reabilitação de pacientes: Uma revisão sistemática da literatura. In *Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada à Saúde*, pages 25–36, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Stepp, C. E., Britton, D., Chang, C., Merati, A. L., and Matsuoka, Y. (2011). Feasibility of game-based electromyographic biofeedback for dysphagia rehabilitation. In *2011 5th International IEEE/EMBS Conference on Neural Engineering, NER 2011*, page 233 – 236.
- Vieira, C., Ferreira da Silva Pais-Vieira, C., Novais, J., and Perrotta, A. (2021). Serious game design and clinical improvement in physical rehabilitation: Systematic review. *JMIR Serious Games*, 9(3).
- Wang, Y.-L., Su, A. W., Han, T.-Y., Lin, C.-L., and Hsu, L.-C. (2015). Emg based rehabilitation systems - approaches for als patients in different stages. In *Proceedings - IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, volume 2015-August.