



DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DIDÁTICO DE ELETROMIÓGRAFO DE BAIXO CUSTO PARA APLICAÇÕES EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6336

Autores: ARTHUR BERNARDO BARBOSA, ADELSON ATAÍDE DOS SANTOS NETO, JÉSSICA DE SOUZA SOARES, CAIO CUNHA REGO DE OLIVEIRA, IGOR FORCELLI SILVA, HÉLDER ROLIM FLORENTINO

Resumo: Este trabalho apresenta um protótipo didático de captação de sinais eletromiográficos (EMG), desenvolvido com componentes eletrônicos de baixo custo. A proposta visa auxiliar no ensino de eletrônica, instrumentação biomédica e fisiologia, contribuindo para a formação de futuros engenheiros. O circuito utiliza um amplificador de instrumentação com CI TL084, filtros passa-alta e passa-baixa, além de um estágio final, obtendo um ganho de aproximadamente 1429,68 V/V. A captação foi feita com eletrodos de superfície no bíceps braquial e visualização em tempo real via osciloscópio. Os testes demonstraram boa eficiência, apesar de alguns ruídos. Como aprimoramento, sugere-se o uso de microcontroladores e fontes portáteis, aumentando a mobilidade e reduzindo interferências.

Palavras-chave: Eletromiografia, Engenharia Biomédica, Instrumentação Eletrônica

DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DIDÁTICO DE ELETROMIÓGRAFO DE BAIXO CUSTO PARA APLICAÇÕES EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

1 INTRODUÇÃO

A Engenharia Biomédica é uma área interdisciplinar relativamente recente que integra conhecimentos da Engenharia Elétrica, da Computação, da Física e da Medicina para desenvolver soluções inovadoras para a área da saúde. Apesar de sua relevância crescente, especialmente no contexto do desenvolvimento de dispositivos médicos, essa engenharia ainda é pouco difundida em cursos de graduação, o que a torna menos conhecida entre estudantes do ensino médio e até mesmo entre alunos de outras engenharias. Como consequência, muitos futuros engenheiros deixam de explorar as potencialidades dessa área e as aplicações práticas dos conhecimentos eletrônicos no contexto biomédico. (Al-Nahhas *et al.*, 2019).

O desenvolvimento de tecnologias funcionais voltadas para a área da saúde é fundamental para o bem-estar social e o avanço da medicina. Por ser um campo de grande relevância na atualidade, torna-se indispensável adotar estratégias que despertem o interesse dos discentes pela Engenharia Biomédica, estimulando o aprofundamento em suas aplicações práticas e no domínio das tecnologias associadas (Al-Nahhas *et al.*, 2019). Nesse contexto, iniciativas que aproximem os estudantes dos desafios e das inovações da área, como o desenvolvimento de protótipos e kits didáticos, podem desempenhar um papel crucial na formação de futuros profissionais.

De acordo com Richards *et al.* (2009), o modelo tradicional de ensino tem contribuído para tornar as áreas da engenharia menos atrativas, uma vez que muitos estudantes ingressam no ensino superior com pouco ou nenhum conhecimento prático sobre a aplicação dos conceitos aprendidos. O autor destaca que esse modelo enfrenta dificuldades em transmitir de maneira clara e eficaz os conteúdos, especialmente sem o suporte de novas tecnologias e metodologias ativas. Richards *et al.* (2009) enfatiza, portanto, a importância do desenvolvimento de kits de aprendizado que possam auxiliar os discentes de engenharia no ensino superior, favorecendo uma compreensão mais concreta e aplicada dos conceitos abordados em sala de aula.

Cavalcante *et al.* (2016) desenvolveram um protótipo de sinal eletromiográfico de baixo custo como parte de um estudo sobre a adoção da aprendizagem baseada em problemas na disciplina de Instrumentação Eletrônica do curso de Engenharia Elétrica. De acordo com os autores, a participação no desenvolvimento do protótipo possibilitou aos discentes integrar diversos ramos do conhecimento, além de proporcionar experiências significativas para sua formação profissional.

No trabalho de Kozan (2010), foi explanado o desenvolvido um protótipo de baixo custo voltado para o condicionamento e interfaceamento de sinais eletromiográficos. O autor destaca que os equipamentos comerciais apresentam um custo elevado, e que a construção de protótipos representa uma oportunidade importante para que os discentes se aprofundem nos conceitos de eletrônica e nos fenômenos associados à Engenharia Biomédica. Além disso, o estudo obteve resultados satisfatórios, evidenciando a relação entre a força exercida por um músculo e o sinal eletromiográfico.

Garcia *et al.* (2017) desenvolveram um circuito para a aquisição de sinais de EOG (eletro-oculograma) e EMG (eletromiografia) facial. O principal objetivo do trabalho foi demonstrar, de maneira simples e didática, como realizar a captação de biopotenciais por

meio de técnicas de amplificação e filtragem. Com os resultados obtidos, os autores constataram que o mesmo circuito pode ser utilizado para a aquisição de ambos os sinais, possibilitando aplicações diversas que envolvam a análise simultânea dessas atividades fisiológicas.

Diante do exposto, este trabalho propõe o desenvolvimento de um circuito condicionador de sinais eletromiográficos (EMG), utilizando componentes de baixo custo, como uma estratégia didática para despertar o interesse dos discentes dos períodos iniciais do curso de Engenharia Elétrica. A iniciativa visa não apenas fomentar o aprendizado prático dos conceitos de eletrônica, mas também promover a integração entre disciplinas, funcionando como uma proposta de trabalho integrador. Além disso, o desenvolvimento deste protótipo pode ser adaptado e aplicado no contexto da Engenharia Biomédica, contribuindo para a formação de futuros profissionais e ampliando as possibilidades de experimentação e inovação tecnológica na área da saúde. Os resultados obtidos indicam que o circuito pode ser utilizado no contexto educacional, uma vez que permite a visualização do sinal EMG em tempo real e possibilita a análise da relação entre a força muscular exercida e a potência do sinal eletromiográfico, favorecendo uma compreensão mais concreta dos fenômenos fisiológicos envolvidos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção está organizada da seguinte forma: a Seção 2.1 apresenta as metodologias ativas de aprendizagem e sua importância no processo educativo; a Seção 2.2 descreve os fundamentos da aquisição de sinais biomédicos e sua evolução histórica; a Seção 2.3 discute o papel da eletrônica na captura e no processamento desses sinais; a Seção 2.4 explora os amplificadores de instrumentação na engenharia biomédica; e, por fim, a Seção 2.5 aborda os princípios da eletromiografia (EMG) e sua relevância no diagnóstico neuromuscular.

2.1 Metodologias Ativas de Aprendizagem

As metodologias de aprendizagem constituem um conjunto de estratégias, técnicas e abordagens pedagógicas que orientam o processo de ensino, definindo como o conteúdo será apresentado, como o estudante interagirá com ele e de que forma ocorrerá a construção do conhecimento. Essas metodologias podem basear-se tanto em práticas tradicionais, como as aulas expositivas, quanto em abordagens inovadoras, como as metodologias ativas, que valorizam o protagonismo do aluno. Entre essas, destacam-se a aprendizagem baseada em problemas (PBL), a aprendizagem significativa e o ensino por projetos. O objetivo central dessas metodologias é tornar o aprendizado mais eficaz, motivador e duradouro, respeitando as características, experiências e necessidades dos discentes (Severino, 2016).

Diferentemente das práticas tradicionais, as metodologias ativas promovem a participação efetiva dos estudantes, incentivando-os a serem protagonistas do próprio processo de aprendizagem. Essa perspectiva enfatiza a vivência de situações reais, a resolução de problemas, a colaboração entre pares e a aplicação prática dos conteúdos. Em contraste com o modelo passivo — no qual o aluno atua apenas como receptor de informações —, essas abordagens favorecem a autonomia, o pensamento crítico e o engajamento, tornando o processo mais significativo e alinhado às demandas sociais e profissionais contemporâneas (Moran, 2015).

A aprendizagem significativa, nesse contexto, fundamenta-se em princípios cognitivistas e construtivistas, priorizando a compreensão, a reflexão e a atribuição de sentido aos conteúdos. Esse processo não se limita à memorização, mas envolve a assimilação ativa e contextualizada do conhecimento, considerando a interação constante entre o sujeito e seu

meio social. A cultura exerce papel essencial nesse processo, influenciando e sendo influenciada pela aprendizagem (Masini, 2011).

Segundo Furtado (2015), o aprendizado torna-se mais efetivo quando os novos conhecimentos estabelecem conexões com saberes já internalizados. A familiaridade entre os conteúdos prévios e os novos conhecimentos funciona como uma base de apoio, facilitando a assimilação e promovendo a construção de significados. Essa articulação entre conhecimentos anteriores e atuais é um dos pilares da aprendizagem significativa.

2.2 Fundamentos da Aquisição de Sinais Biomédicos

A instrumentação médica, ramo da engenharia biomédica, dedica-se ao desenvolvimento e aplicação de dispositivos voltados ao monitoramento, diagnóstico e tratamento de variáveis fisiológicas. Seus fundamentos envolvem a medição de sinais biológicos — como temperatura, pressão, atividade elétrica e parâmetros bioquímicos — por meio de sensores, amplificadores, conversores analógico-digitais e sistemas de processamento. Tais dispositivos devem ser projetados com foco na precisão, segurança e compatibilidade com o organismo humano, considerando fatores como a variabilidade fisiológica, artefatos de medição e interferências elétricas. Assim, a instrumentação médica contribui significativamente para a modernização da prática clínica, permitindo diagnósticos mais rápidos, seguros e eficazes (Carr; Brown, 2001).

Os primeiros avanços na aquisição de sinais fisiológicos ocorreram entre o final do século XIX e o início do século XX, impulsionados pelo progresso simultâneo da medicina e da eletrônica. Um marco relevante foi a invenção do eletrocardiograma (ECG), por Willem Einthoven, em 1903, utilizando um galvanômetro de corda para registrar a atividade elétrica cardíaca. Essa inovação possibilitou a análise não invasiva de sinais fisiológicos, representando um avanço decisivo para o diagnóstico médico. Posteriormente, surgiram outras técnicas de monitoramento, como o eletroencefalograma (EEG) e o eletromiograma (EMG), ampliando o conhecimento sobre o funcionamento do corpo humano. Com o avanço tecnológico, os sistemas tornaram-se digitais, mais precisos e integrados a recursos computacionais, consolidando-se como ferramentas essenciais na prática clínica e na pesquisa (Webster, 2009).

A aquisição contínua e não invasiva desses sinais oferece múltiplos benefícios à saúde, principalmente em termos de precisão e agilidade diagnóstica. O monitoramento em tempo real permite detectar alterações fisiológicas precocemente, personalizar tratamentos e tomar decisões clínicas fundamentadas. Além disso, a digitalização e o uso de inteligência artificial ampliam as possibilidades na análise de dados e na medicina personalizada. Como destaca Webster (2009), a instrumentação biomédica é essencial para uma medicina mais precisa, acessível e eficiente.

2.3 A Eletrônica na Aquisição de Sinais Biomédicos

No contexto da engenharia biomédica, a aquisição de sinais fisiológicos requer a conversão de fenômenos biológicos em dados quantificáveis, o que viabiliza diagnósticos mais precisos e intervenções médicas mais eficazes. Para isso, é fundamental a integração entre eletrônica, computação e ciências da saúde, resultando em dispositivos capazes de registrar sinais como ECG, EEG e EMG com alta fidelidade. De acordo com Webster (2009), os sistemas de instrumentação médica devem ser capazes de captar sinais extremamente fracos e suscetíveis a ruídos, exigindo técnicas avançadas de amplificação, filtragem e conversão digital.

Com os avanços tecnológicos, os sistemas de aquisição tornaram-se mais compactos, acessíveis e conectados, especialmente com a popularização da telemedicina e dos dispositivos inteligentes. Carr e Brown (2001) enfatizam que a precisão e a utilidade clínica

desses sinais dependem diretamente da qualidade da instrumentação, sendo imprescindível a integração entre hardware e software.

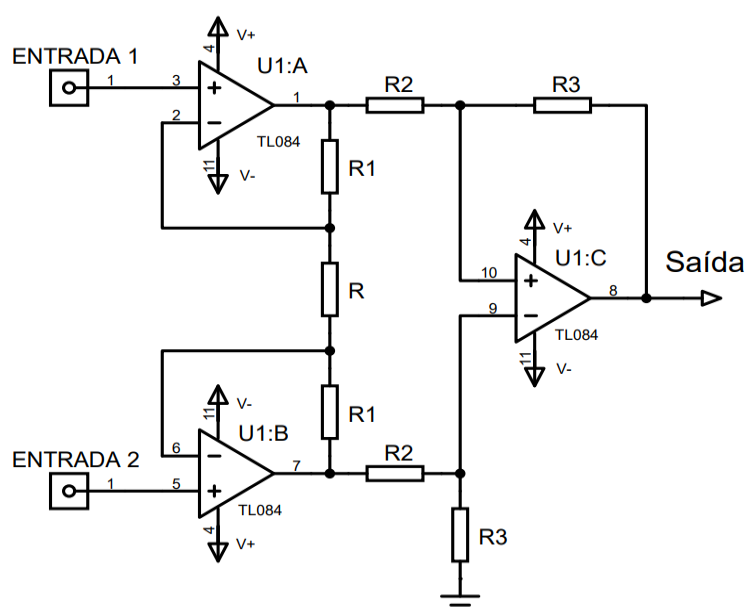
Nesse cenário, a eletrônica aplicada desempenha papel central ao permitir o desenvolvimento de circuitos especializados para captar sinais de baixíssima amplitude, como os emitidos pelo coração e pelo cérebro. Esses sinais, altamente suscetíveis a interferências, precisam ser amplificados, filtrados e convertidos em formato digital para posterior análise. Geddes e Baker (1989) observam que engenheiros biomédicos enfrentam o desafio de lidar com sinais frágeis e contaminados por ruídos, o que demanda técnicas sofisticadas para garantir dados clinicamente úteis.

Portanto, a eletrônica não apenas viabiliza o funcionamento de dispositivos biomédicos, mas assegura a qualidade dos dados adquiridos. O uso de componentes como amplificadores de instrumentação, filtros analógicos e conversores A/D de alta resolução possibilita transformar sinais biológicos em informações confiáveis. Carr e Brown (2001) reforçam que a eletrônica é essencial para obter medições clínicas seguras e processáveis, contribuindo para inovações como o monitoramento remoto, diagnósticos em tempo real e apoio à decisão médica via inteligência artificial.

2.4 Amplificadores de Instrumentação na Engenharia Biomédica

Os amplificadores de instrumentação são circuitos integrados projetados especificamente para amplificar sinais diferenciais de baixa amplitude com alta precisão. Eles apresentam elevada impedância de entrada, baixo desvio de offset e excelente rejeição de modo comum (CMRR), características que os tornam ideais para aplicações que exigem precisão na leitura de sinais, como na instrumentação biomédica. A Figura 1 ilustra o circuito eletrônico típico de um amplificador de instrumentação, geralmente composto por três amplificadores operacionais dispostos de forma a garantir estabilidade, ganho controlado por resistores externos e eficaz rejeição de ruídos. Segundo Carr e Brown (2001), esse tipo de amplificador é essencial na leitura de sinais fisiológicos, pois “permite medir com precisão pequenas diferenças de tensão mesmo em ambientes eletricamente ruidosos”.

Figura 1 - Circuito eletrônico do amplificador de instrumentação.



Fonte: Elaboração própria (2025).

Esses dispositivos são amplamente utilizados em sistemas de aquisição de sinais biomédicos, como eletrocardiograma (ECG), eletromiografia (EMG) e eletroencefalograma (EEG), nos quais a qualidade do sinal captado é crítica para o diagnóstico clínico. Sua capacidade de isolar o sinal útil das interferências externas e do ruído intrínseco do sistema contribui significativamente para a confiabilidade dos dados obtidos. De acordo com Webster (2009), os amplificadores de instrumentação são indispensáveis na instrumentação médica, pois “garantem a integridade dos sinais fisiológicos em meio a grandes níveis de interferência elétrica”.

Dessa forma, os amplificadores de instrumentação desempenham um papel crucial em aplicações que demandam alta precisão na leitura de sinais analógicos, especialmente em contextos biomédicos. Sua capacidade de fornecer ganho estável e de rejeitar ruídos de forma eficiente contribui diretamente para a confiabilidade de sistemas de monitoramento e diagnóstico, tornando-os componentes essenciais da engenharia aplicada à saúde. Através da Equação 1 é possível calcular o ganho do amplificador de instrumentação ilustrado na Figura 1.

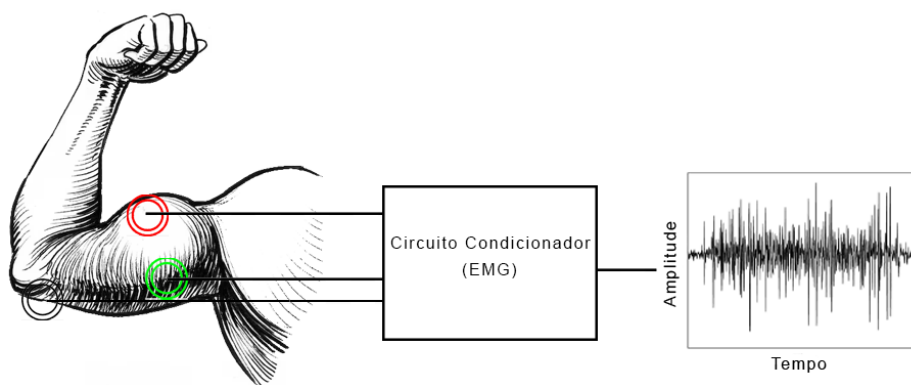
$$G = \frac{R3}{R2} \times \left(1 + \frac{2 \times R1}{R}\right) \quad (1)$$

2.5 Eletromiografia: Princípios e Diagnóstico Neuromuscular

O eletromiograma (EMG) é um exame fundamental para a avaliação da atividade elétrica dos músculos esqueléticos, permitindo a análise funcional do sistema neuromuscular. Por meio da captação dos potenciais elétricos gerados durante contrações e repouso, o EMG fornece informações detalhadas sobre a integridade muscular e nervosa. Essa técnica é amplamente empregada no diagnóstico de condições como neuropatias, miopatias e distúrbios da junção neuromuscular, sendo crucial para a decisão clínica e o planejamento terapêutico.

Segundo De Luca (2002), o EMG é essencial para detectar alterações na ativação muscular, sendo útil tanto para diagnóstico quanto para reabilitação. A análise dos sinais elétricos musculares contribui significativamente para entender o funcionamento neuromuscular e identificar disfunções. A Figura 2 ilustra a aquisição do sinal de eletromiografia.

Figura 2 – Diagrama de aquisição do sinal EMG.



Fonte: Elaboração própria (2025).

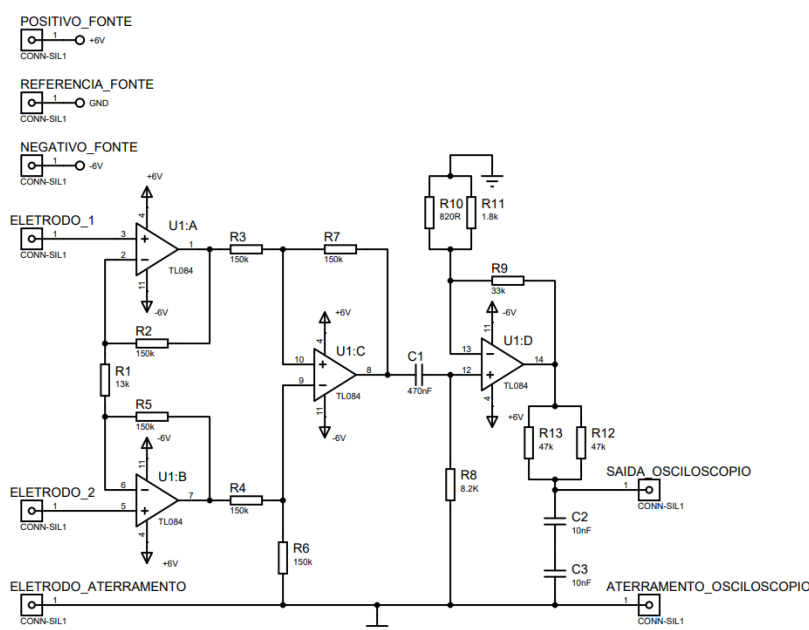
O exame permite a identificação de padrões normais e patológicos de contração, revelando alterações na função muscular e na condução nervosa. É possível diagnosticar, por exemplo, doenças como miastenia gravis, lesões em nervos periféricos e distúrbios motores diversos. Além disso, o EMG é valioso para monitorar a progressão de doenças e auxiliar em programas de reabilitação física.

De acordo com Kamen e Gabriel (2010), o EMG permite a detecção de disfunções musculares e neuropáticas, sendo instrumento fundamental para a avaliação de doenças que afetam a comunicação entre sistema nervoso e musculatura esquelética. Por isso, o exame é amplamente utilizado tanto na prática clínica quanto na pesquisa, sendo um recurso indispensável na investigação neuromuscular.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Na Figura 3 é ilustrado o esquema elétrico do protótipo desenvolvido, em que, foi utilizado um TL 084 para montar o amplificador de instrumentação responsável por adquirir o sinal do músculo através de 3 eletrodos distribuídos no braço. O ganho configurado no amplificador de instrumentação foi de 24 V/V. Foram utilizados dois filtros, sendo um filtro passa alta passivo com frequência de corte de 41,3 Hz e um filtro passa baixa passivo com frequência de corte de 1354,5 Hz. Para melhor visualização do sinal do EMG foi adicionado um amplificador com um ganho de 59,57 V/V, na configuração não inversor para evitar a distorção dos filtros com a impedância de entrada. O ganho total do circuito foi de 1429,68 V/V. E para a alimentação elétrica do protótipo foi utilizada uma fonte linear simétrica de ± 6 V que alimenta os amplificadores utilizados. Por fim, o resultado da aquisição efetuada pelo protótipo é exibido em um osciloscópio.

Figura 3 – Esquema elétrico do circuito desenvolvido.



Fonte: Elaboração própria (2025).

Na Tabela 1 são apresentados os materiais utilizados para construção do protótipo e o seu respectivo custo.

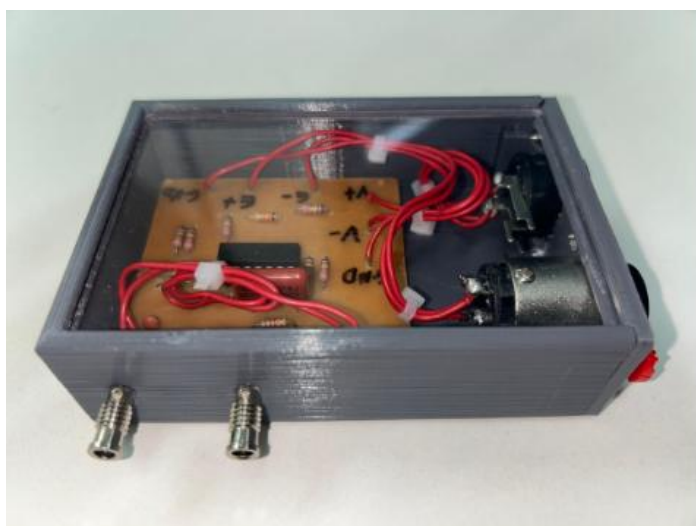
Tabela 1 - Custo dos materiais utilizados para construção do protótipo.

Material	Quantidade	Valor (R\$)
Caixa (107x73x32 mm)	1	Reciclado
Placa de acrílico (72x106 mm)	1	Reciclado
Resistor de 150 k Ω	6	0,60
Resistor de 47 k Ω	2	0,20
Resistor de 33 k Ω	1	0,10
Resistor de 13 k Ω	1	0,10
Resistor de 8,2 k Ω	1	0,10
Resistor de 1,8 k Ω	1	0,10
Resistor de 820 Ω	1	0,10
Capacitor 10 nF	2	0,30
Capacitor 470 nF	1	0,40
Amplificador operacional TL084	1	2,00
Soquete torneado 14 pinos	1	2,00
Conector jack P10 fêmea stereo	1	5,60
Conector P10 macho stereo	1	5,00
Conector XLR 90° fêmea 3 vias	1	5,75
Conector XLR macho 3 vias	1	7,00
Conector garra jacaré	3	4,50
Cabo blindado mono 1 via 1x0,30mm (metro)	3	6,00
Cabo PP 3 vias 3x1,5mm (metro)	1	Reciclado
Cabos para conexão	8	0,80
Placa de fenolite	1	Reciclado
Bornes	2	Reciclado
Eletrodo descartável para EMG	3	6,00
Total		46,65

Fonte: Elaboração própria (2025).

É ilustrado na Figura 4 e 5 o protótipo desenvolvido neste estudo, os cabos e os eletrodos utilizados para aquisição do sinal EMG.

Figura 4 – Protótipo desenvolvido. a) vista lateral do protótipo. b) vista frontal do protótipo.



a) vista lateral



b) vista frontal

Fonte: Elaboração própria (2025).

Figura 5 – Material utilizado para aquisição. a) Eletrodos. b) Cabo P10 utilizado nos eletrodos. c) Cabo XLR para alimentação.



a) Eletrodos



b) Cabo P10 utilizado nos eletrodos



c) Cabo XLR para alimentação

Fonte: Elaboração própria (2025).

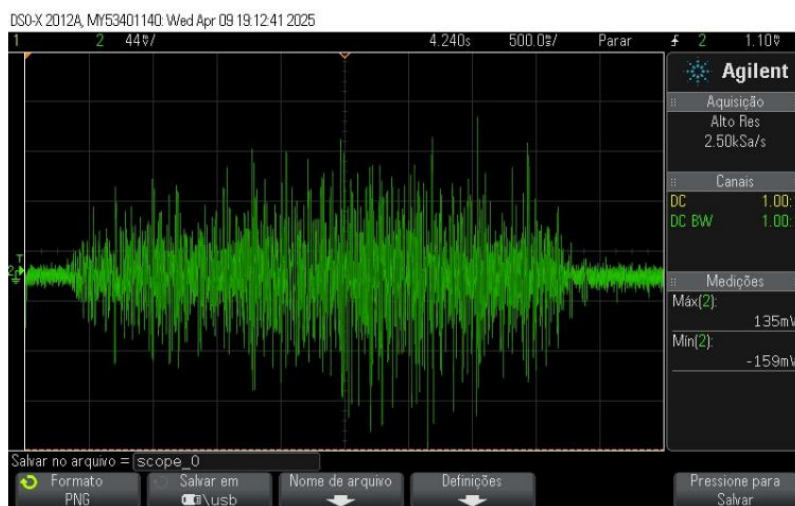
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a validação experimental do protótipo de eletromiógrafo de baixo custo, realizou-se a aquisição de sinais mioelétricos oriundos da ativação do músculo bíceps braquial. A montagem experimental consistiu na aplicação de eletrodos de superfície autoadesivos, posicionados de acordo com as recomendações para a captação de sinais de eletromiografia de superfície (sEMG). Através da Figura 6 é possível observar a configuração do experimento: o voluntário realizou movimentos de flexão do antebraço, enquanto o sinal eletromiográfico foi condicionado pelo circuito desenvolvido e exibido em tempo real no osciloscópio.

Figura 6 – Experimento realizado. a) Movimento do bíceps. b) Sinal adquirido no osciloscópio.



a) Movimento do bíceps.



b) Sinal adquirido no osciloscópio.

Fonte: Elaboração própria (2025).

O traçado do sinal exibido no osciloscópio apresenta a morfologia típica dos sinais mioelétricos, caracterizada por flutuações rápidas associadas aos processos de contração e relaxamento muscular. As amplitudes medidas situaram-se na faixa esperada para sinais de eletromiografia de superfície (sEMG), atingindo valores máximos de aproximadamente 135

mV e mínimos de -159 mV, variando conforme a intensidade da contração muscular. Apesar do sucesso na captação do sinal, observou-se a presença de ruídos, principalmente relacionados à interferência da rede elétrica e a pequenas movimentações involuntárias, que provocam variações na impedância de contato dos eletrodos. Ainda assim, o protótipo demonstrou-se eficaz e funcional, atingindo o objetivo de viabilizar a aquisição e visualização de sinais mioelétricos com um circuito construído a partir de materiais de baixo custo, de simples montagem e adequado para aplicações didáticas e de pesquisa exploratória.

Acredita-se que algumas melhorias podem ser implementadas em trabalhos futuros, com o objetivo de aperfeiçoar o sistema, torná-lo mais autônomo e avaliar seu impacto didático. Entre as principais intervenções propostas, destacam-se:

- i. A utilização de um microcontrolador, como o Arduino, para eliminar a dependência do osciloscópio na visualização do sinal, permitindo que o sistema funcione de forma independente e portátil, com possibilidade de exibição do traçado em monitores ou até mesmo dispositivos móveis;
- ii. A substituição da atual fonte de alimentação por um sistema baseado em baterias recarregáveis, promovendo maior mobilidade, segurança elétrica e adequação ao uso em ambientes diversos;
- iii. A implementação de blindagem eletromagnética no circuito, visando reduzir a suscetibilidade a interferências externas e, conseqüentemente, melhorar a relação sinal-ruído (SNR);
- iv. Apresentar o protótipo em sala de aulas, além de realizar a aplicação de um formulário de avaliação junto a turmas iniciais do ensino superior em engenharia, com o intuito de quantificar se o protótipo desenvolvido desperta o interesse dos estudantes pela área da Engenharia Biomédica, além de avaliar sua eficácia como ferramenta didática e motivacional.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho consiste no desenvolvimento de um protótipo didático para a aquisição e análise de sinais eletromiográficos (EMG) utilizando componentes de baixo custo. Nesse contexto, foi construído um sistema acessível capaz de captar os sinais elétricos gerados pela atividade muscular, os quais foram exibidos e analisados em tempo real por meio de um osciloscópio. Os resultados indicam que o protótipo apresenta desempenho satisfatório para aplicações educacionais, com sinais musculares claros e representativos da contração muscular, apesar das limitações decorrentes do uso de materiais acessíveis. Acredita-se que melhorias no condicionamento e tratamento dos sinais podem ampliar a qualidade e a faixa de aplicação do equipamento desenvolvido.

De forma geral, os resultados alcançados neste estudo demonstram que o protótipo pode ser utilizado para experimentos voltados para a compreensão dos sinais biológicos e técnicas de aquisição e análise de sinais biomédicos. O equipamento apresenta vantagens como custo reduzido, simplicidade de construção e interdisciplinaridade, integrando conhecimentos de eletrônica, instrumentação e fisiologia.

Esses resultados indicam que o sistema EMG de baixo custo pode contribuir para o interesse e engajamento dos estudantes em disciplinas que envolvem sinais biológicos e processamento de sinais, tornando-se uma ferramenta didática eficaz para o ensino de conceitos relacionados à aquisição de sinais biomédicos.

AGRADECIMENTOS

REFERÊNCIAS

AL-NAHHAS, M. et al. **Physio-Vibes**: a biomedical engineering educational kit for highschool and sophomore students. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN BIOMEDICAL ENGINEERING (ICABME), 5., 2019, Tripoli. Anais [...]. Tripoli: IEEE, 2019. p. 1-4. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICABME47164.2019.8940272>.

CARR, Joseph J.; BROWN, John M. **Introdução à engenharia de instrumentos médicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

CAVALCANTE NETO, Pedro de Assis et al. **Implementação de um eletromiógrafo de baixo custo: uma forma pedagógica da adoção da aprendizagem baseada em problemas em engenharia biomédica**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (COBENGE), 44., 2016, Natal. Anais [...]. Natal: UFRN/ABENGE, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/377221686>. Acesso em: 1 jun. 2025.

CONTARDI, Uriel Abe. **Desenvolvimento de um sistema embarcado para aquisição de sinais eletrocardiograma e eletromiograma**. 2022. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Eletrônica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procopio, 2022.

DE LUCA, Carlo J. **The use of surface electromyography in biomechanics**. Journal of Applied Biomechanics, Champaign, v. 13, n. 2, p. 135–163, 2002.

FURTADO, Lilian. **Aprendizagem significativa**: relações entre saberes prévios e novos conhecimentos. Curitiba: Appris, 2015.

GARCIA, Felipe et al. **Desenvolvimento de um circuito para aquisição de EOG e de EMG facial**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 37., 2017, Joinville. Anais [...]. Joinville: ABEPRO, 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/320237776>. Acesso em: 1 jun. 2025.

GEDDES, Leslie A.; BAKER, Lawrence E. **Principles of applied biomedical instrumentation**. 3. ed. New York: Wiley-Interscience, 1989.

KAMEN, Gary; GABRIEL, Susan. **Essentials of electromyography**. 1. ed. Champaign: Human Kinetics, 2010.

KOZAN, Renan Fernandes. **Circuitos de condicionamento e interfaceamento para sinais de eletromiografia**. 2010. Trabalho de Graduação (Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2010.

MASINI, Elcie Fátima de Souza. **Teoria da aprendizagem significativa em perspectiva epistemológica**. São Paulo: EPU, 2011.

MORAN, José Manuel. **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem prática. São Paulo: Senac São Paulo, 2015.

RICHARDS, Larry et al. **Designing engineering teaching kits (ETKs) for middle school students. International Journal of Engineering Education**, [S.l.], 2003. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228472130>. Acesso em: 1 jun. 2025.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. 24. ed. São Paulo: Cortez, 2016.

WEBSTER, John G. **Medical instrumentation: application and design**. 4. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2009.

DEVELOPMENT OF A LOW-COST DIDACTIC ELECTROMYOGRAPH PROTOTYPE FOR APPLICATIONS IN BIOMEDICAL ENGINEERING

Abstract: *This work presents a didactic prototype for capturing electromyographic (EMG) signals, developed with low-cost electronic components. The proposal aims to support the teaching of electronics, biomedical instrumentation, and physiology, contributing to the training of future engineers. The circuit uses an instrumentation amplifier with a TL084 IC, high-pass and low-pass filters, and a final amplification stage, achieving a gain of approximately 1429.68 V/V. Signal acquisition was performed with surface electrodes on the biceps brachii and real-time visualization using an oscilloscope. Tests showed good efficiency despite some noise. As improvements, the use of microcontrollers and portable power supplies is suggested to increase mobility and reduce external interference.*

Keywords: *Electromyography, Biomedical Engineering, Electronic Instrumentation, Didactic Prototype.*

