

AQUISIÇÃO DE SINAIS ELETROMIOGRÁFICOS: O USO DO PBL PARA DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO NA ÁREA DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

Renata Coelho Borges – renatacoelho@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Avenida Alberto Carazzai, 1640
86300-000 – Cornélio Procópio – Paraná

Pedro Henrique Garcia de Souza – pedroengarcia@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Avenida Alberto Carazzai, 1640
86300-000 – Cornélio Procópio – Paraná

Resumo: *O uso de estratégias de ensino em engenharias baseado em interdisciplinaridade e metodologias ativas está sendo cada vez mais necessária. O mercado de trabalho espera que esses profissionais possuam muita mais do que qualificações técnicas. Espera-se, entre outras virtudes, capacidade de liderança, facilidade para trabalhar em grupos e resolver problemas de forma crítica, inovadora, prudente e sustentável. Com isso é indispensável que o modelo educacional utilizado na formação desses novos Engenheiros proporcione uma aproximação com experiências vividas na prática. Metodologias ativas como Aprendizagem Baseada em Projetos (Project-Based Learning – PBL), são uma forma de trazer ao ambiente de ensino essa realidade, fazendo com que o aluno desenvolva técnicas de busca e estimule a criatividade para resolução de problemas. Esse artigo apresenta a aplicação da técnica PBL para o desenvolvimento de um protótipo para aquisição de sinais eletromiográficos na disciplina de Engenharia Médica do curso de Engenharia Eletrônica da UTFPR-CP. Ao final da disciplina foi possível perceber que os alunos passaram a usar os conhecimentos já adquiridos previamente para solucionar as etapas desse projeto, além de buscarem conhecimentos em outras áreas não antes exploradas.*

Palavras-chave: PBL, eletromiografia, protótipo, engenharia biomédica.

1 INTRODUÇÃO

A constante evolução do mercado faz com que cada vez mais as empresas busquem engenheiros com capacidades mais abrangentes. Além das tradicionais qualificações técnicas espera-se que esses profissionais tenham capacidade de liderar equipes, trabalhar em grupos, tenham facilidade para resolução de problemas de forma crítica, inovadora, prudente e sustentável. De maneira geral, deseja-se um gerenciador de conflitos, que tenha inteligência emocional e habilidades comunicativas, além de conhecimento das tecnologias e especificidades de sua área da Engenharia (DICK & HULL & JACKSON, 2017). De forma a garantir essas qualificações, é indispensável que o modelo educacional utilizado na formação desses novos Engenheiros proporcione uma aproximação com experiências vividas na prática.

A resolução CNE/CSE nº11, de 11 de março de 2012, que institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia, estabelece que o ensino das engenharias deve estar de acordo com as demandas estabelecidas pela globalização, pois segundo o Art. 3º da referida resolução:

“os curso de Engenharia tem como perfil do formando egresso/profissional o engenheiro, com formação generalista, humanista, crítica e reflexiva, capacitado a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade”.

Metodologias ativas como Aprendizagem Baseada em Projetos (*Project-Based Learning* – PBL), são uma forma de trazer ao ambiente de ensino essa realidade, fazendo com que o aluno desenvolva técnicas de busca e estimule a criatividade para resolução de problemas (BARRON *et al*, 1998).

O objetivo do PBL no ensino das engenharias visa promover o desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico, de resolução de problemas e de comunicação. Além de proporcionar a oportunidade de realização de atividades em equipe, encontros e avaliação de material de pesquisa e aprendizagem ao longo da vida. Essa abordagem permite que o egresso se torne um profissional com capacidade e habilidades para aplicar os conhecimentos matemáticos, científicos e tecnológicos inerentes à sua formação nos problemas rotineiros da sua especialidade (JONES & RASMUSSEN & MOFFITT, 1997).

Assim, o objetivo principal deste artigo é apresentar a metodologia utilizada na disciplina de Engenharia Médica do Curso de Engenharia Eletrônica da UTFPR-CP, em uma turma de 6 alunos, para o projeto e implementação de um protótipo de eletromiógrafo utilizando o conhecimento e experiência adquiridos durante a graduação, uma vez que essa é uma disciplina optativa da 8ª fase do curso. Esse projeto pode servir como base para o desenvolvimento de um equipamento para ficar à disposição da instituição nos semestres seguintes, como aparato experimental para as disciplinas da área de Biomédica. Ainda mais importante que o hardware desenvolvido, foi a percepção da importância dessa abordagem para o processo de formação pessoal e profissional, pois fez com que os discentes adotassem uma postura mais responsável em relação à sua aprendizagem, tendo em mente que a absorção do conhecimento adquirido a partir de seu próprio esforço seria mais proveitoso do que aquele obtido pela informação de mediadores, como o próprio docente.

1.1 Contextualização

A Aprendizagem Baseada em Projetos é uma metodologia de ensino baseada em princípios ativos, em que o aluno é o responsável pelo seu desenvolvimento e o docente atua como um orientador nessa busca. É uma estratégia inovadora que teve início em 1969 nas Universidades McMaster, no Canadá, e a de Maastricht, na Holanda, e desde então vem sendo implementada em importantes instituições. No Brasil, essa metodologia foi inicialmente introduzida na Faculdade de Medicina de Marília (São Paulo) e na Universidade Estadual de Londrina (Paraná), mas hoje já está presente em outras instituições de ensino.

De acordo com Pozo (1998) ensinar a resolver problemas “*supõe colocar a ênfase no ensino de procedimentos, embora sem perder de vista a importância dos conceitos e das atitudes para resolver esses problemas*”. Este processo requer por parte do aluno a compreensão da atividade, a colaboração de um plano de ação que conduz à meta, a execução desse plano e, finalmente, uma análise que permite determinar se a meta foi atingida. Neste contexto, qualquer área ou disciplina da ciência pode ser adaptada para PBL. Embora os problemas centrais variem entre disciplinas, há algumas características de bons problemas de

PBL que transcendem os campos. Duch, Groh e Allen (2001) afirmam que um bom problema precisa motivar os alunos a buscarem uma compreensão mais profunda dos conceitos, exigir a tomada de decisões fundamentadas e possibilitar a defesa de ideias e decisões. Além do mais, o problema/projeto deve incorporar os objetivos de conteúdo de forma a conectá-lo a disciplinas/conhecimentos anteriores. Esta metodologia de ensino pode ser aplicada em grupos, e para tanto, é necessário garantir a apresentação de um problema com maior complexidade para estimular o trabalho em equipe.

A inspiração para os projetos pode surgir de uma variedade de fontes: jornais, revistas, jornais, livros, livros didáticos e televisão/filmes. Algumas estão em tal forma que podem ser usadas com pouca edição; no entanto, outros precisam ser reescritos para serem úteis. Algumas diretrizes encontradas em O Poder da Aprendizagem Baseada em Problemas (DUCH et al, 2001) são escritas para criar problemas para uma classe centrada em torno do método.

Neste contexto, a Engenharia Biomédica apresenta-se como uma área ideal para a aplicação de metodologias ativas como PBL, devido a suas características de interdisciplinaridade (integração dos princípios das ciências exatas e ciências da saúde) e de desenvolvimento de abordagens inovadoras aplicadas na prevenção, diagnóstico e terapia de diversas patologias (BRONZINO, 1999). Considerando que nossos corpos estão constantemente comunicando informações sobre nossa saúde, esta informação pode ser captada através de instrumentos fisiológicos que medem a frequência cardíaca, pressão arterial, níveis de saturação de oxigênio, glicose no sangue, condução nervosa, atividade cerebral e assim por diante. Tradicionalmente, essas medidas são tomadas em pontos específicos no tempo e anotadas no prontuário de um paciente. Na verdade, os médicos veem menos de um por cento desses valores à medida que circulam - e as decisões de tratamento são tomadas com base nessas leituras isoladas.

A aquisição e processamento biomédico de sinais envolve a captação e análise dessas medidas para fornecer informações úteis sobre as quais os médicos podem tomar decisões. Engenheiros estão descobrindo novas maneiras de trabalhar esses sinais usando uma variedade de fórmulas matemáticas e algoritmos. Trabalhando com ferramentas tradicionais de biomedição os sinais podem ser calculados por software para fornecer aos médicos dados em tempo real e maiores *insights* para auxiliar nas avaliações clínicas. Ao usar meios mais sofisticados para analisar o que nossos corpos estão dizendo, podemos determinar potencialmente o estado da saúde de um paciente por meio de medidas menos invasivas que os métodos tradicionais. Problemáticas oriundas de práticas médicas e do uso dos instrumentos biomédicos podem ser utilizadas como eixo principal e como motivação para a aplicação da metodologia PBL no ensino da engenharia. Isso faz com que os problemas reais, advindos da realidade de médicos e bioengenheiros possam ser solucionadas em sala de aula.

1.2 Projeto

A disciplina de Engenharia Médica do curso de Engenharia Eletrônica da UTFPR-CP tem como objetivos primordiais conceituar e caracterizar a Engenharia Médica sob a perspectiva da Instrumentação Biomédica e os seus principais ramos. Como pré-requisitos possui as disciplinas de Eletrônica Básica, Amplificadores, Instrumentação Eletrônica e Princípios de Engenharia Biomédica. Assim os alunos iniciam a disciplina de Engenharia Médica já detendo um vasto conhecimento em componentes eletrônicos, estruturas de filtros, sensores e transdutores e alguma familiaridade com sinais biológicos. Dessa maneira, têm-se uma visão mais geral do projeto, em que é possível notar a interdisciplinaridade do tema. O termo interdisciplinar consiste, basicamente, num determinado tema em que duas ou mais disciplinas apresentem vínculos entre, com objetivo primordial de alcançar um conhecimento

mais abrangente, sendo ao mesmo tempo diversificado e unificado (BONATTO, 2012). Dessa maneira, o trabalho de projeto de desenvolvimento de um protótipo para captação de sinais eletromiográficos, realizado por grupos de até 3 alunos, poderia ser elaborado com base nas seguintes etapas:

- Etapa de aquisição de dados: nessa etapa os alunos deveriam pesquisar os tipos de eletrodos adequados para a captação do sinal bioelétrico, avaliando suas características de amplitude e frequência. Selecionados os eletrodos, segue-se para a etapa de condicionamento de sinal, onde são projetados os filtros e etapa de pré-processamento do sinal por meio de amplificadores de instrumentação. Para isso foi ainda solicitado que os alunos fizessem a relação de componentes necessários para o protótipo.
- Etapa de simulação: o projeto foi implementado em softwares de simulação como Proteus, Simulink, Falstad, etc.
- Etapa de implementação: nessa etapa o protótipo deveria ser montado e validado por meio de testes de aquisição dos sinais eletromiográficos. A aprovação pelo comitê de ética para esse tipo de testes é dispensável uma vez que o aluno que desenvolveu o protótipo foi o próprio voluntário para as aquisições.

2 A ELETROMIOGRAFIA

O exame de eletromiografia (EMG) detecta as atividades elétricas dos movimentos espontâneos ou voluntários dos músculos e representa isso graficamente. Este exame é amplamente utilizado para auxiliar ou confirmar o diagnóstico de doenças musculares (GUYTON, 1998).

Patologias musculares são determinadas tendo como base o comportamento padrão de músculos saudáveis. Os músculos são classificados em três categorias: o músculo esquelético, responsável pela movimentação dos ossos, o músculo liso, presente na maioria dos órgãos, e o músculo cardíaco, que controla a sístole e diástole do coração. As células musculares recebem impulsos elétricos como os neurônios e diferem das células nervosas pois possuem miofibrilas, que se contraem na presença do impulso. No momento em que os músculos se contraem, suas fibras geram um potencial de ação, que acaba gerando uma corrente elétrica. Esse potencial de ação que passa pelas fibras musculares e chamado de sinal mioelétrico (BHATNAGAR, 2008).

O potencial de repouso das células tem um valor médio de $-70mV$. No momento em que um neurônio recebe neurotransmissores acontece a despolarização da membrana, que deixa com que os íons (Na^+) entrem no neurônio devido a diferença de concentração, fazendo com que o potencial interno que mais positivo que o externo. Se esse estímulo quebrar o limiar, por volta de $60mV$, o potencial de ação acontece e é transmitido ao longo do axônio. O sinal mioelétrico captado na superfície da pele possui uma amplitude aproximada que varia de 1 a $10Mv$ (BRONZINO, 1999).

Feito um estudo geral das características tempo-frequência do sinal em questão partiu-se para o projeto e implementação do protótipo, conforme será descrito nas próximas seções.

2.1 Aquisição de Dados e Simulação

Inicialmente definiu-se o tipo de eletrodo mais adequado. O escolhido foi da marca FIAB (Figura 1) de canal simples. Dois são posicionados de modo a fazer a aquisição do sinal muscular e outro para servir como referência do sinal mioelétrico.

Para a etapa de condicionamento do sinal foram utilizados filtros ativos e uma etapa de entrada diferencial com amplificador de instrumentação. Os filtros ativos são constituídos por

elementos passivos associados a elementos ativos, onde possuem algumas peculiaridades comparado aos filtros passivos, sendo elas (SEDRA & SMITH, 1998):

- Eliminação de indutores, onde para baixas frequências são volumosos.
- Possibilidade de grande amplificação do sinal de entrada.
- Exigem fonte de alimentação.
- Resposta está limitada a capacidade do AOPs utilizados.
- Facilidade de projetos complexos associando em cascata os circuitos.

Figura 1 - Eletrodos para aquisição do sinal eletromiográfico.



Fonte: Autor.

Mesmo com essas limitações, os filtros ativos estão sendo amplamente utilizados na eletrônica em geral. Na área de instrumentação vale ressaltar o setor da eletromedicina, na qual esses filtros são utilizados em diversos equipamentos, principalmente os que devem operar em baixas frequências (GUYTON, 1969).

A largura de banda do sinal mioelétrico se concentra na faixa de frequência de 10Hz a 500Hz, assim foram projetados um filtro passa-baixa e um passa-alta, utilizando a arquitetura Sallen-Key com resposta Butterworth.

O filtro-passa alta foi projetado para se obter um ganho de 2.5 vezes e possuir uma frequência de corte de 10Hz, ele está representado na Figura 2a. Os valores dos componentes foram definidos por meio do equacionamento da função transferência do circuito (PERTENCE, 2015):

$$H(s) = \frac{s^2 K}{s^2 + s \left[\frac{C_2 R_1 (1 - K) + R_2 (C_1 C_2)}{C_1 C_2 R_1 R_2} \right] + \frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2}} \quad (1)$$

O valor dos capacitores foi fixado em $C=C_1=C_2=100nF$. O cálculo do valor dos resistores foi feito conforme descrito por Pertence (2015) para filtros Butterworth, utilizando os valores padrão para os coeficientes $a=1,4241$ e $b=1$, extraídos da tabela (PERTENCE, 2015):

$$R_1 = \frac{4b}{\left[a + \sqrt{a^2 + 8b(K-1)\omega_c C} \right]} = 123,48k\Omega, \quad R_2 = \frac{b}{\left[\omega_c^2 C^2 R_1 \right]} = 205,14k\Omega$$

Com os valores dos componentes definidos, e substituindo-os na Equação (1)

$$H(s) = \frac{2,5s^2}{s^2 + 88,85s + 3948}$$

O filtro-baixa foi projetado para se obter ganho unitário e possuir uma frequência de corte de 500Hz, ele está representado na Figura 2b. A definição dos valores dos componentes foi feita por meio do equacionamento da função transferência do circuito (PERTENCE, 2015):

$$H(s) = \frac{\frac{G_1 G_2}{C_1 C_2}}{s^2 + \frac{G_1 + G_2}{C_2} s + \frac{G_1 G_2}{C_1 C_2}}$$

em que $G=1/R$. Foi utilizado o método de normalização para maior controle dos valores dos componentes, onde os coeficientes da tabela do filtro Butterworth e o fator de escala da frequência (FSF) são dados por, $a=1,41$, $b=1$ e $FSF = 2\pi f_c = 3141,59$:

Os valores dos capacitores normalizados C_{1n} e C_{2n} são dados pelas seguintes equações:

$$C_{1n} = \frac{2}{2b} = 0,707, \quad C_{2n} = \frac{2}{a} = 1,4144$$

Fazendo o processo inverso da normalização e definindo $C_1=33nF$, dessa maneira:

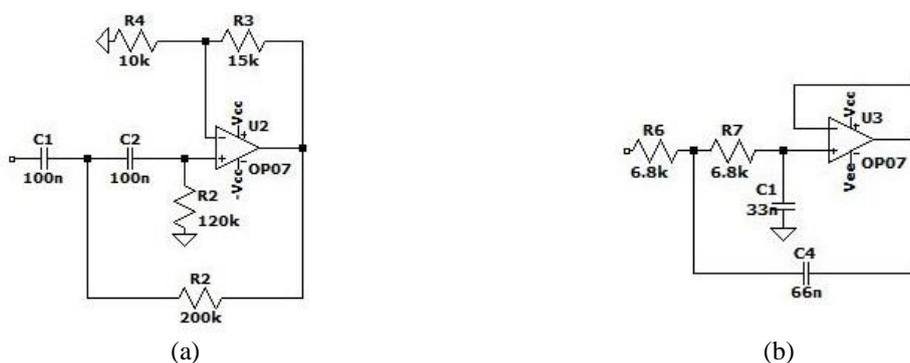
$$C_1 = \frac{C_{1n}}{ISF \times FSF}$$

$$ISF = 6819,54, \quad \text{portanto} \quad C_2 = \frac{C_{2n}}{ISF \times FSF} = 66nF$$

Considerando $R_n=1\Omega$, então $R_1=R_2=ISF \times R_n=6,8k\Omega$. Com os valores estabelecidos foi definida a função transferência do filtro:

$$H(s) = \frac{9,9229 \times 10^6}{s^2 + 4456s + 9,9229 \times 10^6}$$

Figura 2 – Estrutura dos Filtros Sallen-Key passa-alta (a) e passa-baixa (b).



Fonte: Autor.

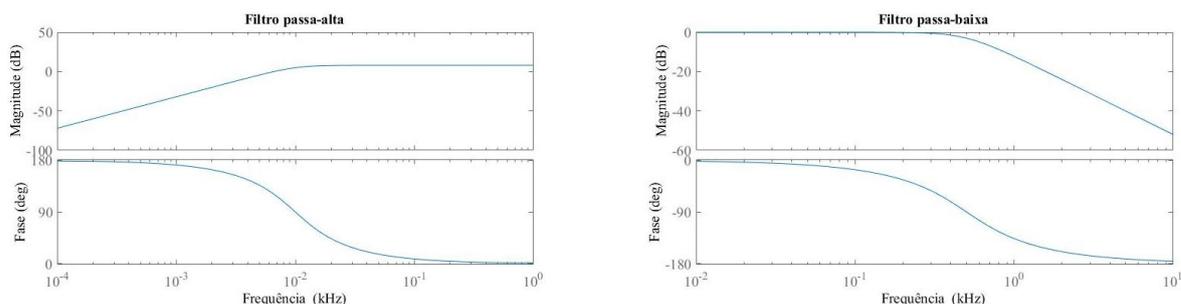
A aferição das respostas em frequência dos filtros projetados foi feita por meio do diagrama de bode no software Matlab®. É possível verificar que as frequências de corte e os ganhos especificados foram atendidos, como apresentado nas Figuras 3 e 4, pelos diagramas de bode dos filtros passa-alta e passa-baixa, respectivamente.

A etapa de entrada diferencial optou-se pelo uso do amplificador de instrumentação. Amplificadores de Instrumentação possuem alta impedância de entrada, ganho variável e alta razão de rejeição de modo comum. O modelo escolhido foi o INA 101AG (disponível no

laboratório da instituição). Esse circuito possui um amplificador em cada entrada, utilizados para aumentar a impedância de entrada e um terceiro amplificador em cascata responsável pelo ganho diferencial. O ganho do circuito é determinado pelo valor de um resistor de regulação, normalmente chamado de R_g , associado aos resistores internos do CI. Conforme apresentado no *datasheet* do fabricante, a equação do ganho é definida por:

$$G = 1 + \frac{40k\Omega}{R_g} \quad (2)$$

Figura 3 - Diagrama de bode dos filtros passa-alta e passa baixa.

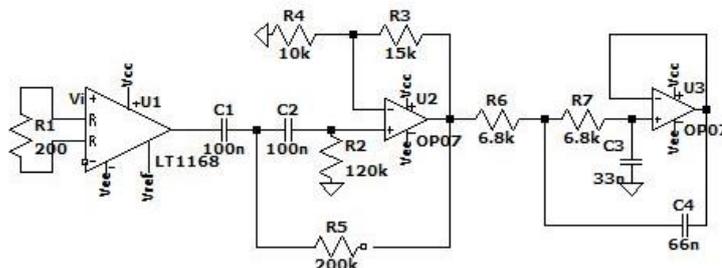


Fonte: Autor.

Tendo em vista que o sinal de entrada possui amplitude que varia entre $1mV$ e $10mV$ e que o sinal de saída com até $1V$ atende a especificação para análise desse tipo de sinais, para sinais de entrada com amplitude de $1mV$, o valor de R_g , obtido da equação (10) é 40Ω . Para sinais de entrada com amplitude que variam entre $5mV$ e $10mV$, os valores de R_g são entre 200Ω e 404Ω . Por esse motivo optou-se por utilizar um resistor variável de $10k\Omega$ para facilitar o ajuste de ganho.

O projeto completo com a etapa de entrada diferencial e os filtros projetados é apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Circuito de aquisição projetado.



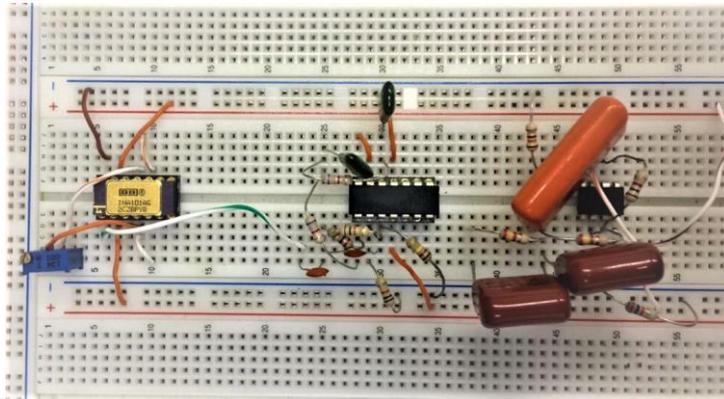
Fonte: Autor.

2.2 Implementação e testes

O protótipo foi montado inicialmente em uma protoboard para fins de análise do funcionamento e comportamento do sistema (Figura 5). Os sinais eletromiográficos escolhidos para serem captados foram do músculo do antebraço. Dois eletrodos foram então posicionados nos grupos musculares correspondentes ao antebraço. Os sinais captados por esses eletrodos são conectados à entrada do amplificador de instrumentação e posterior processamento dos filtros analógicos, apresentado na Figura 4. O terceiro eletrodo é conectado à uma parte do corpo com pouco potencial de sinais eletromiográficos e, portanto,

escolheu-se o tornozelo. O sinal proveniente desse terceiro eletrodo serve como sinal de referência para o circuito.

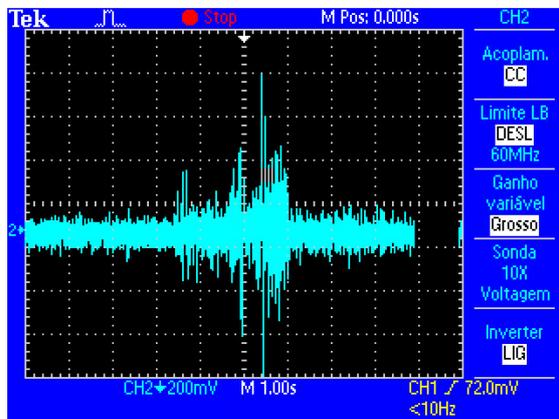
Figura 5 - Protótipo do circuito para aquisição de sinais eletromiográficos.



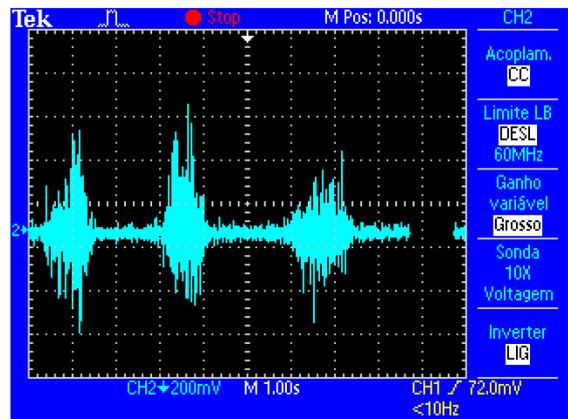
Fonte: Autor.

Com auxílio do osciloscópio foi possível analisar o sinal coletado. O circuito foi alimentado por uma fonte de tensão de $\pm 9V$. Na Figura 6a é apresentado o sinal proveniente da etapa de entrada, que compreende somente o amplificador de instrumentação. Já na Figura 6b é apresentado o sinal após o processo de filtragem, onde é possível perceber um sinal mais limpo, sem a influência de componentes de alta frequência (eliminadas pelo filtro passa-alta).

Figura 6 – Sinais eletromiográficos pré- e pós- processo de filtragem.



(a)



(b)

Fonte: Autor.

2.3 Processamento Digital

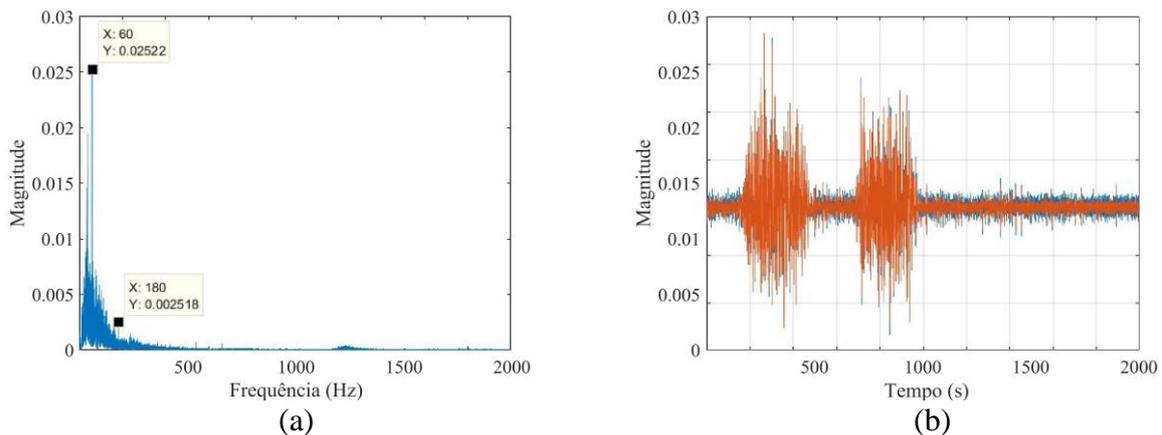
Por ter sido alimentado por uma fonte ligada à rede elétrica o sinal apresentava ruído de 60Hz (Figura 7a). Por esse motivo optou-se por fazer a aquisição do sinal e submetê-lo a uma etapa de processamento digital através do software Matlab[®]. O sinal pós-processamento digital é apresentado na Figura 7b, em que o sinal azul representa o sinal original e o sinal em vermelho representa o sinal filtrado.

2.4 Discussão

O projeto foi totalmente desenvolvido pelos alunos, desde a etapa de projeto até a

implementação. Esse primeiro momento resultou em um protótipo feito em uma protoboard. O projeto deve ter continuidade e poderá ser implementado em uma placa de circuito impresso, fator que deve ser relevante também para redução de ruídos. Além disso, o uso de uma patola e baterias para alimentação do circuito deixará o protótipo mais compacto, além de melhorar esteticamente o e proporcionar maior segurança aos voluntários de teste.

Figura 7 – Resposta em frequência do sinal digitalizado e sinal do tempo pós-processamento digital.



Fonte: Autor.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo foi apresentado o desenvolvimento de um protótipo para aquisição de sinais de eletromiografia. Para que isso fosse possível optou-se pela aplicação da técnica PBL na disciplina de Engenharia Médica do curso de Engenharia Eletrônica da UTFPR-CP. O protótipo de baixo custo, que ainda deve ser aprimorado, mostrou-se viável para aquisição e análise de sinais de EMG.

Mas mais importante que o funcionamento do circuito pôde-se perceber o engajamento e conhecimento adquirido pelos alunos durante todo o processo. Isto permitiu a eles compreenderem quais fatores envolvem o desenvolvimento de um projeto, e que eles possuem plenas condições de resolvê-lo. Isso possibilita que o ensino vá além da formação especialista, propiciando uma construção mais generalista e principalmente interdisciplinar. Dessa maneira, viabilizando condições para que os alunos sejam agentes de sua própria formação, incentivando-os a buscarem novos conhecimentos e desenvolvendo suas capacidades de fazer escolhas, tomar decisões, planejar e assumir responsabilidades.

REFERÊNCIAS

BARRON, B. J *et al.* Doing with understanding: Lessons from research on problem- and project-based learning. **The Journal of the Learning Sciences**, v.7, p.271-311, 1998.

BHATNAGAR, S. C. **Neuroscience for the study of communicative disorders**. Lippincott Williams & Wilkins, 2008.

BONATTO, A. *et al.* Interdisciplinaridade no ambiente escolar. IX Seminário de pesquisa em educação da região Sul, 2012, Caxias do Sul. **Anais**.

BRONZINO, J. D. **Biomedical engineering handbook**. 2ª Edição. Editora CRC Press, 1999.

CAMPOS, L. C. Aprendizagem Baseada em projetos: uma nova abordagem para a Educação em Engenharia. COBENGE, Blumenau, Santa Catarina, 2011. **Anais.**

DICK, J.; HULL, E.; JACKSON, K. **Requirements engineering.** Springer, 2017.

DIEHL, W. *et al.* **Project-based learning: A strategy for teaching and learning.** Boston, MA: Center for Youth Development and Education, Corporation for Business, Work, and Learning, 1999.

DUCH, B. J.; GROH, S. E; ALLEN, D. E. **The power of problem-based learning.** Sterling, VA: Editora Stylus, 2001.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Fisiologia Humana e Mecanismos de Doenças.** Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 1998.

JONES, B. F.; RASMUSSEN, C. M.; MOFFITT, M. C. **Real-life problem solving.: A collaborative approach to interdisciplinary learning.** Washington, DC: Editora American Psychological Association, 1997.

PERTENCE, A. **Amplificadores Operacionais e Filtros Ativos.** Editora Bookman, 2015.

POZO, J. I. **A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender.** Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1998.

SEDRA, A. S.; SMITH, K. C. **Microelectronic circuits.** New York: Editora Oxford University Press, 1998.

ACQUISITION OF ELECTROMYOGRAPHIC SIGNALS: PBL FOR A PROTOTYPE DEVELOPMENT IN BIOMEDICAL ENGINEERING

Abstract: *The use of teaching strategies in engineering based on interdisciplinarity and active methodologies is becoming increasingly necessary. The employment market expects these professionals to possess much more than technical qualifications. Leadership, abilities of teamwork and capability to solve problems in a critical, innovative, prudent and sustainable way are expected, among other virtues. Therefore, it is necessary that the educational model provides an approximation with experiences lived in practice. Active methodologies such as Project-Based Learning (PBL) are a way of bringing this reality into the teaching environment, making the student develop techniques for searching and stimulate creativity to solve problems. This article presents the application of the PBL technique on the development of a prototype for the acquisition of electromyographic signals in Medical Engineering course of the Electronic Engineering (UTFPR-CP). At the end of the course it was possible to perceive that the students started to use the previously acquired knowledge to solve the stages of this project, besides seeking knowledge in other areas not previously explored.*

Key-words: *PBL, electromyography, prototype, biomedical engineering.*