



ENGENHARIA BIOMÉDICA: UM CURSO PRÁTICO DESDE O PRIMEIRO SEMESTRE NA PUC-CAMPINAS

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2022.3816

Amilton da Costa Lamas - amilton@puc-campinas.edu.br
Pontifícia Universidade Católica de Campinas

Matheus Ramires Bonfim - ramiresma@yahoo.com.br
Pontifícia Universidade Católica de Campinas

Resumo: A percepção de valor de um curso novo é fundamental para a promoção da retenção de alunos ingressantes, como é o caso do curso de Engenharia Biomédica recentemente criado pela PUC-Campinas. A parte prática dos cursos tem sido muito reconhecida pela sociedade, sendo assim, a disciplina de Engenharia Biomédica, de primeiro semestre do curso do mesmo nome, caracteriza-se pela realização de tarefas práticas em eletroencefalografia e eletromiografia. A estratégia de condução é que o aluno comece experimentando e simultaneamente procure pelos conceitos técnicos que suportam os resultados, apropriando-se dos conhecimentos. Os projetos são conduzidos nas plataformas MUSE/MATLAB/EEGLAB e BACKYARD BRAINS, respectivamente. As ações também fazem parte de um projeto de extensão universitária em sinais bioelétricos. O emprego desta estratégia resultou num alto índice de retenção de alunos e na promoção da autonomia dos ingressantes na construção da própria formação. Com um quadro inicial (fevereiro 2022) onde 40% dos alunos ingressantes tinham incerteza de permanência no curso, até hoje (abril 2022) ocorreu uma desistência, contando com o engajamento firme e entusiástico de todos os alunos remanescentes.

Palavras-chave: engenharia biomédica, eletroencefalografia, eletromiografia, prática



ENGENHARIA BIOMÉDICA: UM CURSO PRÁTICO DESDE O PRIMEIRO SEMESTRE NA PUC-CAMPINAS

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais desafios de um curso novo em qualquer área de conhecimento está na demonstração de valor agregado, é fundamental que a sociedade perceba quais aspectos distinguem o curso de tantos outros já oferecidos. Entende-se que a longevidade de um curso se baseia na constante atualização de seus conteúdos e na adoção métodos de ensino modernos (GARCIA 2020; GUIMARÃES, 2019; MATSUKI, 2009). Neste cenário, a Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas) lançou recentemente o curso de Engenharia Biomédica que possui estrutura multidisciplinar, conectando conhecimentos das áreas de ciências exatas, humanas, biológicas e da saúde de forma inovadora e interdisciplinar. O curso emprega diferenciais metodológicos que estimulam os estudantes a assumirem o protagonismo de sua formação e conta com infraestrutura atualizada, espaços de convivência e de aprendizagem ativa e inovadora, laboratórios com equipamentos de alta tecnologia e vivências imersivas na realidade da profissão desde o primeiro ano. O primeiro semestre de um novo curso é um momento decisivo para a consolidação da ação, é neste momento que a maioria dos alunos decidem por abandonar ou não o curso, seja trocando de faculdade seja simplesmente abandonando por não estarem convictos de sua escolha.

2 ESTRATÉGIA

A maioria dos cursos de Engenharia Biomédica iniciam as atividades práticas no terceiro período, concentrando-as nos períodos futuros, o diferencial PUC-Campinas é que este tipo de atividade acontece já no segundo mês do primeiro período na disciplina de Engenharia Biomédica. As atividades são realizadas na forma de projetos de extensão.

2.1 *Hands-on*

Desde a primeira aula da disciplina os alunos são direcionados a participarem ativamente de projetos em que se aprende fazendo. Muito embora a vasta maioria dos ingressantes não tenha conhecimentos anteriores sobre os temas do curso, os conceitos, métodos e processos utilizados em Engenharia Biomédica são vivenciados e os conhecimentos iniciais são apropriados concomitantemente. Durante os encontros de projeto as bases de conhecimento são inicialmente apresentadas de forma breve e propositadamente superficial, para, logo em seguida, os experimentos serem realizados, provocando assim o debate sobre o que está acontecendo e estimulando a busca autônoma por conhecimento.

2.2 Projeto de extensão

As experiências relatadas neste trabalho foram conduzidas segundo o plano de trabalho de extensão de alunos voluntários "Análise de Sinais Bioelétricos por Sensores" do projeto de extensão "Promoção da Autonomia Segura de Deficientes", relacionado ao eixo institucional de Inovação e Empreendedorismo. Os projetos de extensão da PUC-Campinas se caracterizam pelo objetivo de retornar para a sociedade os investimentos



realizados por esta na universidade. Este retorno é feito através de intervenções sociais executadas em parceria com instituições que representam parcelas da população em fragilidade social. Os projetos são conduzidos de forma colaborativa em todas as suas fases, desde a formulação do problema até a concretização da solução que visa promover a reintegração social. A participação dos alunos neste tipo de projeto permite experiência de situações não vividas em sala de aula, especialmente aquelas relativas a convivência direta com o usuário do produto. O público-alvo deste trabalho são crianças com paralisia cerebral atendidas pela Therapies Reabilitação Intensiva da cidade de Campinas. Os alunos participantes do projeto se beneficiam pelo desenvolvimento de competências técnicas e não técnicas demandadas pelo mercado de trabalho. Os desenvolvimentos relatados neste trabalho representam o ponto de partida de trabalhos futuros de extensão relativos à promoção da reabilitação de crianças com paralisia cerebral.

Estudo de sinais bioelétricos

O plano de trabalho acima mencionado é um dos quatro (04) planos de alunos voluntários na área de estudo biosinais por engenharia elétrica. Todos os planos incluem o planejamento, desenvolvimento, implementação e validação de soluções para análise, identificação e caracterização de sinais bioelétricos através de sensores. As soluções consistem em métodos e processos computacionais que permitam a conversão de sinais eletrônicos no domínio do tempo para o domínio da frequência e assim identificar padrões de oscilação. Estas soluções têm potencial para se transformarem no ponto inicial do desenvolvimento de ferramentas de análise de sinais elétricos associados situações de risco para deficientes. Deve-se ressaltar que o propósito de trabalho não inclui tarefas clínicas de qualquer natureza, estando focado na demonstração e apropriação dos conhecimentos.

Este plano específico aplica-se aos alunos da disciplina Engenharia Biomédica, ministrado no primeiro semestre do curso com o mesmo nome. Neste caso o escopo de atenção dos alunos está no entendimento, ainda que superficial, dos fundamentos dos fenômenos (propriedades) elétricos que ocorrem nas células e tecidos, ou seja, na compreensão de como os sinais elétricos são gerados pelas células (neurônios), como se dá a condução do estímulo nervoso pelas fibras neuromusculares excitáveis propagados no corpo (potencial de ação). O escopo inclui como estes sinais são detectados por dispositivos eletro/eletrônicos e posteriormente processados para apresentação. Faz parte do escopo o entendimento básico dos conceitos de engenharia elétrica utilizados nos modelos descritivos e no tratamento dos sinais detectados.

Com esta finalidade elencou-se a análise e demonstração, através do emprego de dispositivos utilizados em ambientes não médicos, de duas técnicas muito utilizadas, a Eletromiografia e a Eletroencefalografia.

A Eletromiografia é uma técnica de monitoramento da atividade elétrica das membranas excitáveis das células musculares, representando os potenciais de ação deflagrados por meio da leitura da tensão elétrica ao longo do tempo (MILLS, 2005; RASH, 2002). Em eletromiografia de superfície, usada neste trabalho, eletrodos adesivos são colocados sobre a pele na região correspondente ao ventre muscular. Neste método é utilizado um par de eletrodos para reduzir os ruídos de origem comum no sinal detectado.

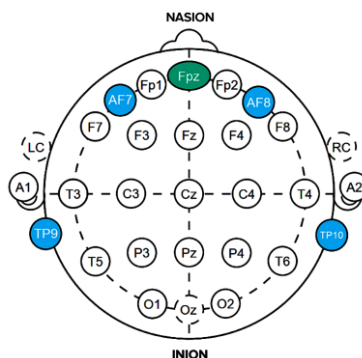
Já a Eletroencefalografia é um método de monitoramento eletrofisiológico que é utilizado para registrar a atividade elétrica do cérebro (FERRERO, 1995; KENDAL, 2021). Trata-se de um método normalmente não-invasivo, com eletrodos colocados no couro cabeludo, muito embora haja alguns métodos utilizados em aplicações específicas que são invasivos. A EEG mede as flutuações de tensão resultante da corrente iônica dentro dos





neurônios do cérebro. As oscilações neurais são classificadas em cinco ritmos: Delta: $\leq 3,5$ Hz, Teta: 4-7,5 Hz, Alfa: 8-13 Hz, Beta: ≥ 14 Hz e Gama: ≥ 30 Hz. Os eletrodos são colocados no couro cabelo do indivíduo e identificados conforma apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Posicionamento dos eletrodos num exame de EEG (Sistema Internacional 10-20).



Fonte: INTERAXION, 2007.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em meio a discussões sobre oportunidades de trabalho e perfil do Engenheiro Biomédico. Sem prévia apresentação dos princípios teóricos necessários para o completo entendimento dos processos físicos envolvidos. Utilizou-se a estratégia de começar fazendo para depois entender e finalmente se apropriar do conhecimento. Em meio a realização dos experimentos os alunos tiveram a oportunidade de conhecerem os princípios básicos de Eletromiografia (RASH, 2002) e de Neurologia (KANDEL, 2021). Após o primeiro contato com os experimentos e considerando que os alunos estão cursando o primeiro período do Curso de Engenharia Biomédica, estes foram incitados a estudarem os arranjos experimentais e descreverem tecnicamente, de forma sucinta, os processos elétricos e as arquiteturas que sustentam os experimentos. Desta forma os discentes se apropriaram dos princípios fundamentais de física, circuitos elétricos e engenharia consultando a bibliografia básica do curso (MALVINO, 2015; SERWAY, 2013). Posteriormente as experiências foram repetidas, desta vez, com os alunos possuindo uma base teórica inicial mais consolidada. Todos os alunos desempenharam todos os diferentes papéis nos dois experimentos, garantindo assim uma vivência completa dos projetos. Ao fim de cada experimento os alunos redigiram um relatório descrevendo os fundamentos teóricos de cada experimento, os resultados observados e uma seção de considerações finais onde expressaram as percepções vivencias no decorrer dos experimentos. Entende-se que este método prepara melhor o discente para o exercício da profissão, já que espelha o processo a ser encontrado nas empresas.

3.1 Experimento de Eletromiografia (EMG)

Uma interface músculo computador (IMC) é um sistema homem-máquina que usa sinais eletromiográficos (EMG) para comunicação. A Eletromiografia é uma técnica de monitoramento da atividade elétrica das membranas neurologicamente excitáveis das células musculares, representando os potenciais de ação disparados por meio da leitura da tensão elétrica ao longo do tempo (KANDEL, 2021). Neste projeto foi utilizada a

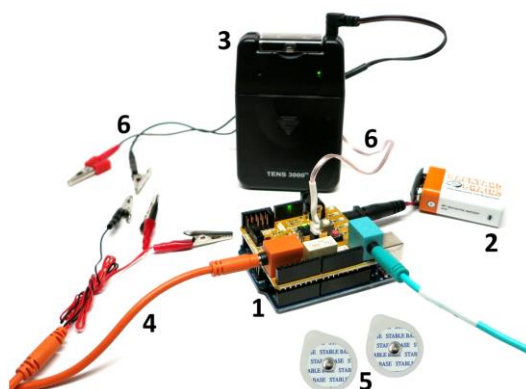




configuração que consiste no posicionamento do eletrodo sobre a pele na região correspondente ao ventre muscular. Esta configuração é utilizada por fisioterapeutas, engenheiros biomédicos e foi utilizada neste trabalho. Deve-se ressaltar que estes sinais refletem a intenção do indivíduo em movimentar o músculo antes que a movimentação de fato ocorra. O objetivo deste experimento é demonstrar a transmissão de sinais eletromiográficos entre dois indivíduos. Neste caso o sinal eletrofisiológico de um indivíduo (origem), gerado pela contração de um músculo, é detectado e transmitido para um segundo indivíduo (destino) de forma que este seja estimulado a responder ao sinal, movendo um músculo de forma involuntária (LANDA-JIMÉNEZ, 2016; PRABHAKARAN 2014).

O arranjo experimental consiste em uma plataforma comercial "*Human-Human Interface / Spyker Box*" da Backyard Brains (BACKYARD BRAINS, 2019). Esta plataforma permite a demonstração da geração, transmissão e detecção de sinais eletrofisiológicos entre duas pessoas. A plataforma é composta por: 1) uma placa principal composta de um Arduino UNO, com código pré carregado, e um *SpikerShield*; 2) uma bateria de 9 volts, 3) um dispositivo TENS (*Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation*) que serve para estimular os nervos emitindo impulsos elétricos suaves (trem de pulsos de período, duração e intensidade ajustáveis); 4) cabos para conexão entre o *shield* e os eletrodos colocados na pessoa que origina os sinais; 5) eletrodos adesivos; 6) cabo para conexão do TENS ao indivíduo que receberá o sinal; e 7) um cabo para alimentação ou inserção do código no Arduino, se necessário (não mostrado). A Figura 2 apresenta o conteúdo do kit da plataforma.

Figura 2 – Conteúdo da plataforma *Human-Human Interface / Spyker Box*.



Fonte: BACKYARD BRAINS (2019)

Após o estudo e análise do arranjo experimental alguns alunos fizeram uma apresentação técnica sobre o funcionamento da plataforma para validação do entendimento e compartilhamento do conhecimento. Na sequência os alunos passaram à montagem da plataforma conforme o manual de instruções da plataforma.

3.2 Experimento de Eletroencefalografia Móvel (mEEG)

O segundo projeto realizado na disciplina de Engenharia Biomédica está relacionado com eletroencefalografia. Os dados foram obtidos utilizando o sistema comercial MUSE2 desenvolvido pela Interaxon INC. (INTERAXON, 2007), inicialmente através do aplicativo MUSE (versão 25.2.518) da própria Interaxon e, posteriormente, através do aplicativo Mind



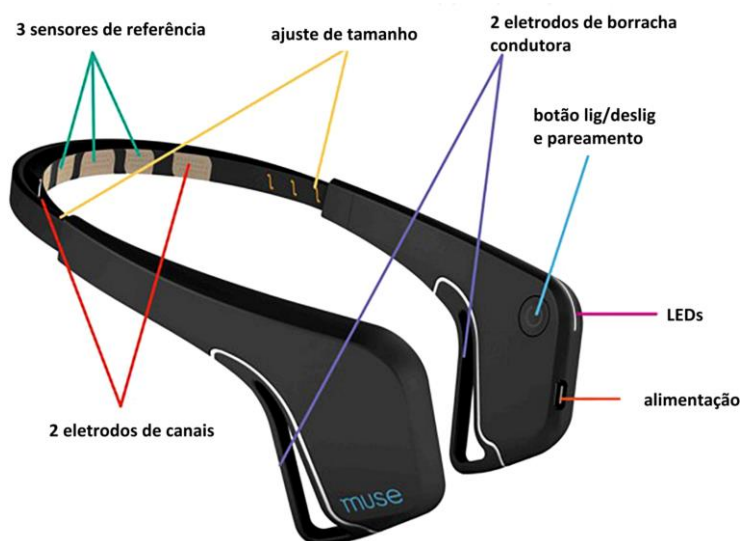


Monitor (versão 2.2.1 – 2019) desenvolvido por James Clutterbuck, ambos disponíveis nas app stores. As primeiras análises foram realizadas primeiramente nos aplicativos e, mais tarde, empregou-se o software Matlab (versão 2020) da MathWorks (MATHWORKS, 2020) com a caixa de ferramentas EEGLAB 2022.1 (EEGLAB, 2022) desenvolvido por Arnaud Delorme (DELORME, 2004).

MUSE2 é um dispositivo multissensorial na forma de faixa (*headband*) que fornece sinais em tempo real sobre atividade cerebral, batimento cardíaco, respiração e movimento. MUSE2 foi desenvolvido originalmente para a obtenção de sinais neurológicos (Eletroencefalografia móvel – mEEG) durante o exercício de meditação, mas recentemente tem sido usado para aquisição de sinais neurológicos em pesquisas de baixo custo apresentando resultados comparáveis aos sistemas de EEG comerciais (KRIGOLSON 2017, 2021; PRZEGALINSKA, 2017; TAJDINI, 2020; Araújo, 2020).

O dispositivo tem as seguintes características principais: 1) comunicação sem fio por Bluetooth 2.1; 2) taxa de amostragem de sinal entre 220 Hz e 500 Hz, eletrodo de referência FPz (CMS) com ajuste de potencial (DRL); 3) eletrodos nas posições TP9, AF7, AF8 e TP10, os eletrodos nas posições TP9 e TP10 são de borracha condutiva; 4) acelerômetro de 3 eixos; e 5) sistema de supressão de ruído DRL com fundo de 2 μ V (RMS) e filtro *notch* em 60 Hz. O uso de 7 sensores (eletrodos) permite a estimativa de assimetrias hemisféricas de sinal, facilitando a análise de sinais. A Figura 3 apresenta o dispositivo.

Figura 3 – Faixa MUSE2



Fonte: INTERAXON, 2007.

A aquisição inicial dos dados foi feita usando o aplicativo MUSE, infelizmente este aplicativo não permite a transferência dos dados para um PC o que impede uma análise mais detalhada. Em vista disto passou-se a utilizar o aplicativo Mind Monitor, que permite a exportação de dados brutos (μ V) no formato CSV (*comma separated values*). O aplicativo detecta a atividade cerebral no domínio do tempo (dados brutos), conforme mostra a Figura N3. Observa-se a indicação dos ritmos tradicionalmente analisados em EEG. A imagem no formato de ferradura no canto inferior esquerdo da Figura 4 indica a qualidade de contato dos sensores. Quando todos os eletrodos estão com bom contato esta imagem desaparece. Os ritmos identificados na figura são: 1) Delta – presentes intensamente durante o sono; 2) Teta – associadas ao sono profundo e visualização; 3) Alfa – ritmo que aparece



intensamente com o indivíduo relaxado e calmo; 4) Beta – presente quando a pessoa está pensando ativamente ou tentando resolver problemas e 5) Gama – que ocorre quando a pessoa está num processo mental de ordem superior como consolidação de informações.

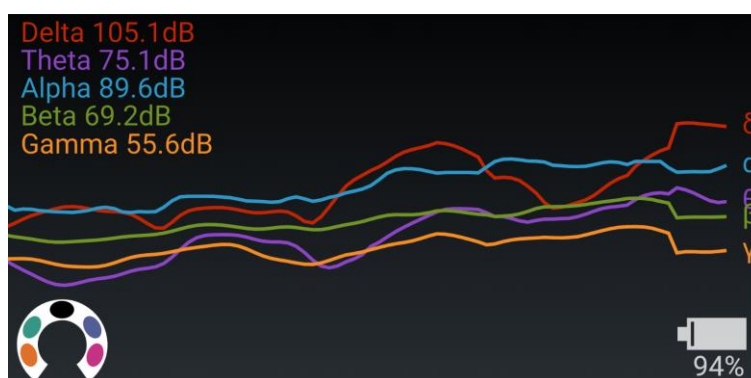
Figura 4 – Dados bruto obtidos pelo MUSE2.



Fonte: Mind Monitor

Após a aquisição dos dados brutos o dispositivo processa os dados, convertendo-os para o domínio da frequência através da aplicação de uma Transformada Rápida de Fourier e a apresenta os dados processados já separados em cinco (05) ritmos, tradicionalmente analisados em EEGs. e consolida os sinais nos intervalos de frequência padrão. A Figura 5 apresenta um resultado típico de uma seção de uso do MUSE2, onde se observa a evolução da intensidade dos ritmos em dB num intervalo de medida de alguns segundos.

Figura 5 – Intensidade de sinal de EEG após transição dos dados para o domínio da frequência.



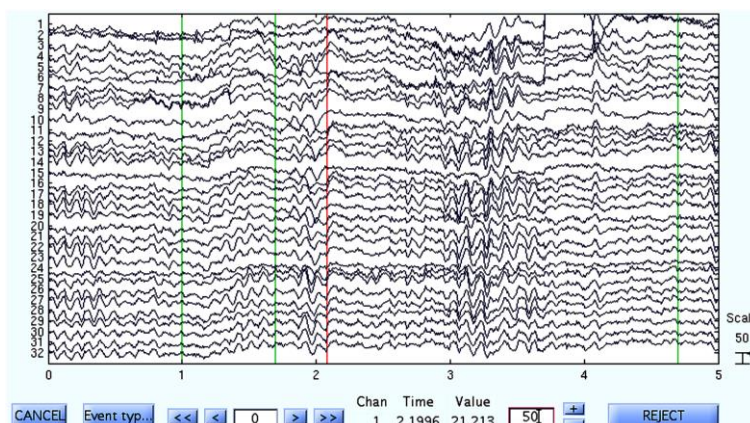
Fonte: Mind Monitor

Os dados brutos obtidos são transferidos para um PC de modo a permitir a análise do sinal usando MATLAB com a caixa de ferramentas EEGLAB. Esta caixa de ferramenta permite uma análise profunda do sinal de EEG, o que não foi realizado neste projeto, considerando que o objetivo é de uma demonstração e familiarização com sinais bioelétricos. A Figura 6 apresenta os dados brutos (em μV) após a carga do arquivo gerado por um equipamento médico no ambiente MATLAB/EEGLAB.

A Figura 7 apresenta um resumo do processamento dos dados de encefalografia empregado neste trabalho.

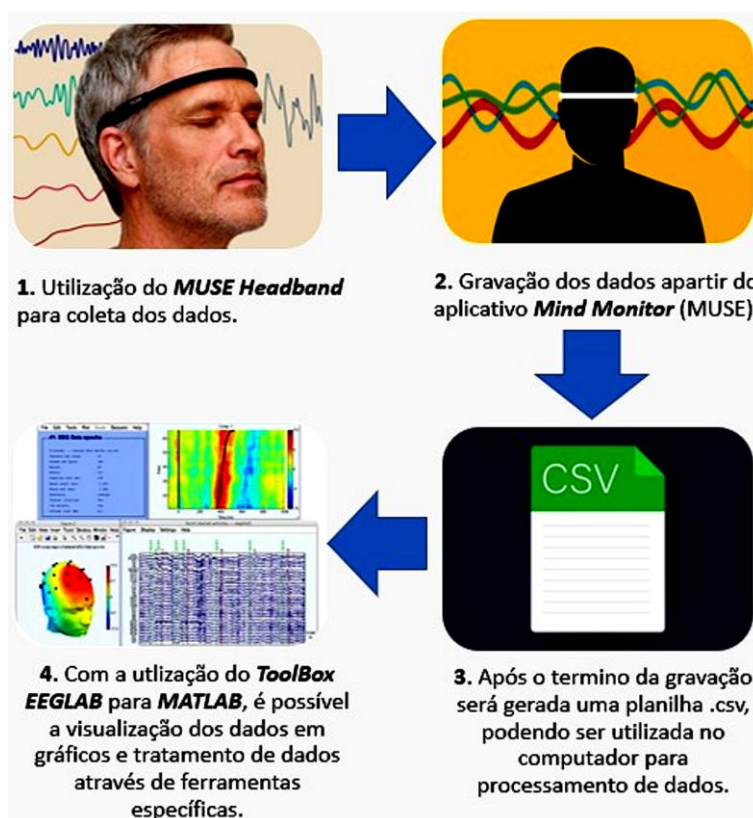


Figura 6 – Dados brutos de EEG apresentados no ambiente MATLAB/EEGLAB.



Fonte: EEGLAB

Figura 7 – Processamento de dados de eletroencefalografia.



Fonte: Autores

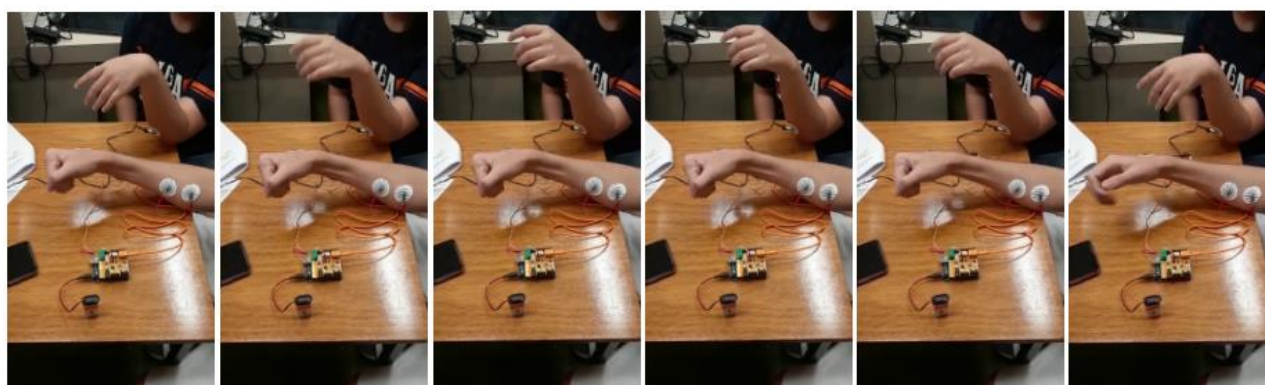
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro experimento os alunos demonstraram a transmissão de sinais de eletromiografia. Um aluno assumiu o papel de origem (antebraço na parte inferior da Figura 8), dos sinais, contraindo os músculos do antebraço. Um segundo aluno, com os músculos relaxados, desempenhou o papel de destino dos sinais (braço na parte superior da Figura



8). Após umas poucas tentativas os alunos tiveram sucesso na demonstração. A Figura 8 apresenta a sequência de quadros de um filme em que a experiência foi registrada. Na sequência de quadros observa-se claramente que o braço do destino se movimenta involuntariamente quando a origem contrai voluntariamente o seu antebraço, caracterizando a transmissão dos sinais de eletromiografia. Um filme completo apresentando a experiência pode ser acessado em: <https://drive.google.com/drive/folders/1efWhOV0KffFDudWjHbJYu9l4ZsyWowPS?usp=sharing>

Figura 8 – Resultado da experiência de eletromiografia.



Fonte: Autores

O arranjo experimental não permitiu uma análise quantitativa dos dados, porém a análise qualitativa dos sinais elétricos transmitidos foi possível identificar que o limiar de tensão necessário para excitação do músculo do indivíduo de destino depende fortemente do estado de relaxamento deste. Os alunos perceberam que, quando mais relaxado o indivíduo está, menor é a tensão necessária para estimular o movimento involuntário. Similarmente os alunos observaram que o correto posicionamento dos eletrodos é crítico para o sucesso do experimento. A análise do sinal elétrico transmitido foi feita usando um osciloscópio e permitiu os alunos concluir que a melhor resposta é obtida para pulsos de 80 μ s de duração transmitidos numa taxa de 120 Hz em modo normal. O equipamento permitia o emprego de modos *Burst* e *Modulado*, que não foram utilizados.

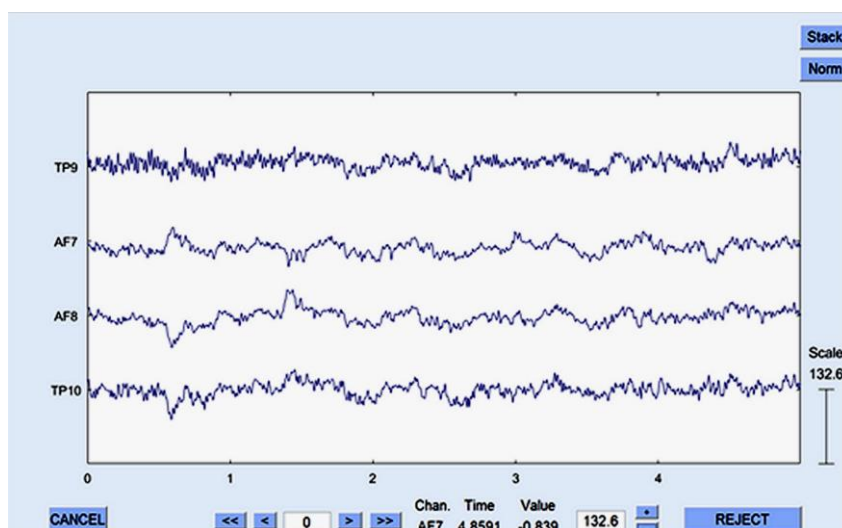
Deve-se ressaltar a surpresa e a alegria dos alunos no instante que a experiência deu certo, surpreendendo o professor. Imediatamente iniciou-se uma discussão sobre o processo físico, buscando uma explicação para os fenômenos elétricos presentes. No relatório final os alunos descreveram os processos elétricos e fisiológicos presentes, bem como apresentaram uma discussão completa sobre a arquitetura elétrica do arranjo experimental incluindo o funcionamento do Arduino UNO presente na plataforma.

Na segunda experiência todos os alunos se prontificaram a experimentar a faixa MUSE2 com objetivo de visualizar suas ondas cerebrais. Neste caso os alunos encontraram algumas dificuldades iniciais no posicionamento dos eletrodos na parte posterior da orelha (posições TP9 e TP10), devido a flexibilidade dos eletrodos visto serem construídos com borracha condutora. Sucesso foi alcançado após um pouco de prática e a limpeza dos eletrodos e da pele.

Os dados brutos de EEG foram obtidos com o aplicativo Mind Monitor e armazenados no formato CSV. Posteriormente os dados foram transferidos para um PC e iniciou-se o processo de análise. A Figura 9 apresenta um dos resultados obtidos.



Figura 9 – Resultado da experiência de eletroencefalografia.



Fonte: Autores

A análise dos sinais eletroencefalográficos seguiu os procedimentos tradicionais tendo como referência dois eletrodos frontais. O sinal de cada canal foi analisado separando em épocas de 4 segundos, esta segmentação permitiu a identificação de todos os ritmos esperados. As alunos propuseram um estudo dos ritmos em função do estado de concentração e relaxamento. O protocolo de coleta definido pelos alunos foi de 3 minutos de relaxamento seguido por 5 minutos estado de atenção. Os alunos perceberam variações na duração nos ritmos Alfa e Beta, sendo que o ritmo Beta se apresentou mais duradouro quando o indivíduo estava no estado de atenção e o ritmo Alfa ficou mais presente no estado relaxado. A proposta atual dos alunos é definir protocolos para estudos quantitativos, especialmente no domínio da frequência, dos diferentes ritmos. Esta tarefa deve ser finalizada antes do término do primeiro período (dezembro 2022). Neste experimento os alunos também trabalharam noções de transmissão e detecção de ondas eletromagnéticas. O relatório final deste experimento teve ênfase na detecção de sinais cerebrais e sua classificação em ritmos. Os alunos também fizeram uma análise superficial sobre conversão de sinais analógicos em digitais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A PUC-Campinas, reconhecendo a importância de atividades *hands-on* desde o início do curso de Engenharia Biomédica, escolheu implementar este tipo de metodologia já no primeiro período do curso através da realização de projetos baseados em neurofisiologia. Na execução do experimento de eletromiografia os alunos tiveram a oportunidade de adquirirem conhecimentos sobre os processos de monitoramento da atividade elétrica das membranas neurologicamente excitáveis das células musculares, sobre a geração, transmissão confinada e detecção de sinais bioelétricos e sobre as características básicas destes sinais. No experimento baseado em EEG os alunos foram capazes de identificar a existência de diferentes ritmos de sinais cerebrais em épocas de 4 segundos. Identificaram também a influência do estado mental de atenção e de relaxamento nos ritmos Alfa e Beta.

Na execução de ambos os experimentos os alunos demonstraram extremo interesse pela disciplina na medida em que os resultados foram obtidos com sucesso. A postura dos alunos passou de contemplativa para assertiva e autônoma na busca de informações e



apropriação do conhecimento. Na semana anterior à redação deste trabalho os alunos propuseram a composição dos dois novos projetos como forma de aprofundar os conhecimentos.

Por fim a última atividade prática na disciplina consistiu na visita ao Hospital Celso Pierro da PUC Campinas, quando os alunos conheceram parte das atividades do hospital e vivenciaram as tarefas do setor de engenharia.

Em fevereiro de 2022, no início da disciplina, 40% dos alunos estavam em dúvida se continuariam ou não na PUC-Campinas, sendo que um deles se desligou do curso. Neste momento, junho de 2022, todos os alunos remanescentes estão firmemente engajados em permanecerem na universidade. Infelizmente, durante este período somente um aluno se desligou.

AGRADECIMENTOS

O autor Amilton da Costa Lamas gostaria de agradecer o suporte da Pró-Reitoria de Extensão e Assuntos Comunitários (PROEXT) da PUC-Campinas.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Cláudio Eduardo Sousa Carvalho, **Headband for reading and processing brain signals**, 2020. Tese (mestrado), Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal (2020), disponível em:

<https://eq.uc.pt/bitstream/10316/93908/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Cl%C3%A1udioAra%C3%BAjo.pdf>. Acesso em 21 abr. 2022.

BACKYARD BRAINS. Human-Human Interface, 2019. 308 1/2 S State St Suite 35, Ann Arbor, MI 48104, Estados Unidos. Disponível em:

<<https://backyardbrains.com/products/HHI>>. Acesso em 05 jan. 2022.

DELORME, A.; MAKEIG, S. EEGLAB: An open-source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. **J. Neurosci. Methods** **134**, Amsterdã, 9–21. DOI: 10.1016/j.jneumeth.2003.10.009., 2004

EEGLAB, caixa de ferramentas para o MATLAB, versão 2022.1. Disponível em:

<<https://sccn.ucsd.edu/eeglab/index.php>>. Acesso em 20 abr. 2022.

FERRERO, Rodolfo G.A. e FERRERO, Alejandro R. **Análisis Computado del EEG Computado**, FADEC; 1a ed., (1995). ISBN-13: 987-95409-0-5.

SILVA GARCIA, L. M. L. da; LARA, D. F.; ANTUNES, F. Análise da Retenção no Ensino Superior: Um Estudo de caso em um Curso de Sistemas de Informação. **Revista da Faculdade de Educação**, [S. l.], v. 34, n. 2, p. 15–38, 2021. DOI:

10.30681/21787476.2020.34.1538. Disponível em:
<<https://periodicos.unemat.br/index.php/ppgedu/article/view/5140>>. Acesso em: 15 abr. 2022.

GUIMARÃES, Júlio Cesar F. et al. A influência da inovação no ensino, qualidade e comprometimento sobre a retenção de alunos no ensino superior, **Revista GUAL**, v. 12, n. 1, jan-abr 2019. doi: <https://doi.org/10.5007/1983-4535.2019v12n1p249>. ISSN: 1983-





4535. Disponível em: ><https://periodicos.ufsc.br/index.php/gual/article/view/1983-4535.2019v12n1p249/38110>> . Acesso em 15 abr. 2022.

INTERAXION, INC., 555 Richmond St W Toronto, Ontario, CA. Fundada em 2007. Disponível em: <<https://choosemuse.com/>> . Acesso em 08 mar 2022.

KANDEL, Erik Richard, et al, **Principles of Neural Science**, 6th ed, New York, Editora McGraw Hill / Medical; 6th ed. ISBN-10: 1259642232, ISBN-13: 978-1259642234. (2021)

KRIGOLSON, Olav E., et al. (2021). Using Muse: Rapid Mobile Assessment of Brain Performance. **Front. Neurosci.** Lausanne, 15:634147. DOI: 10.3389/fnins.2021.634147.

KRIGOLSON, Olav., et al. (2017). Choosing MUSE: validation of a low cost, portable EEG system for ERP research, **Front. Neurosci.** Lausanne 11:109. DOI: 10.3389/fnins.2017.00109, março 2017.

LANDA-JIMÉNEZ, M. A., et al. Open-Box muscle-computer interface: introduction to human-computer interactions in bioengineering, physiology, and neuroscience courses, **Adv. Physiol Educ**, Nova York, Estados Unidos, v.40, n.1: 1190122, 2016; doi:10.1152/advan.00009.2015. Disponível em: <<https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/advan.00009.2015>>. Acesso em 07 abr.2022

MALVINO, Albert, BATES, David, **Electronic Principles**, 8th ed., New York, Editora, McGraw-Hill Education. (2015), ISBN-10: 0073373885, ISBN-13: 978-0073373881.

MATSUKI, Noriaki, et al. Effects of unique biomedical education programs for engineers: REDEEM and ESTEEM projects. **Adv Physiol Educ** , New York, v.33, n.1: 91–97, 2009; doi:10.1152/advan.90120.2008. Disponível em: <<https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/advan.90120.2008>>. Acesso em 18 abr.2022

MATHWORKS. Desenvolvedores do software MATLAB v2020. Disponível em: <<https://www.mathworks.com/products/matlab.html>>. Acesso em 14 nov. 2020.

MILLS, K. R. The Basics of Electromyography. **J Neurol Neurosurg Psychiatry**, London, 2005;76(Suppl II):ii32–ii35. DOI: 10.1136/jnnp.2005.069211. Disponível em: <https://jnnp.bmj.com/content/jnnp/76/suppl_2/ii32.full.pdf>. Acesso em 18 abr. 2022.

PRABHAKARAN G., VOIT W., Using Spikerbox as an Education Toolkit of Body Sensor Network for Brain Activity Monitoring. Zürich: The 11th Body Sensor Networks Conference, 2014. Disponível em: <<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.680.6298&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em 16 abr. 22.

PRZEGALINSKA, Aleksandra, et al, MUSE headband: measuring tool or a collaborative gadget? in: **Studies on Entrepreneurship, Structural Change, and Industrial Dynamics** (2017) Editora: Springer Editors: João Leitão, Tessaleno Campos. DOI:10.1007/978-3-319-74295-3_8. Disponível em:





<http://detroit17.coinsconference.org/papers/COINs17_paper_18.pdf>. Acesso em 18 abr. 2022.

RASH, G. **Electromyography Fundamentals** in: International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors, 1ª ed., CRC Press, Boca Raton, 2002. ISBN-10: 041530430X ISBN-13: 978-0415304306 Disponível em:

<<http://myweb.wvu.edu/~chalmers/EMGfundamentals.pdf>>. Acesso em 17 abr. 2022.

SERWAY, Raymond A., JEWETT, John W., **Physics for Scientists and Engineers**, 9th ed. Boston: Thomson Brooks/Cole, Cengage Learning Inc., 2013. ISBN-13: 978-1133947271, ISBN-10: 1133947271.

TAJDINI, Mahyar, et al. Wireless Sensors for Brain Activity—A Survey, **Electronics**, Suíça, Basileia, v.9 n.12 p.2092-2118, 2020. doi:10.3390/electronics9122092. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2079-9292/9/12/2092>>. Acesso em 18 abr. 2022.

BIOMEDICAL ENGINEERING: A HANDS-ON COURSE SINCE THE FIRST SEMESTER AT PUC-CAMPINAS

Abstract: *Course value perception is essential to maintaining incoming students, as is the case of the Biomedical Engineering course recently made available by PUC-Campinas. The use of laboratories is mandatory to achieve good recognition by society. Therefore, the Biomedical Engineering class is conducted through a series of hands-on tasks in electroencephalography and electromyography. The strategy is to make the student start performing the experiment and then simultaneously look for the technical explanation for what is being observed, resulting in knowledge appropriation. The projects were performed on the MUSE/MATLAB/EEGLAB and BACKYARD BRAINS, respectively. The students participate in a university extension project conducted by the professor in the same area, as well. This strategy resulted in a high level of both learning and building autonomy in the student's quest for knowledge in the course's very first year. Starting (Feb2022) with a 40% student uncertainty in persisting in the course, there has been only a single student dropout, and the remaining students are eagerly pursuing their degrees.*

Keywords: *biomedical engineering, electroencephalography, electromyography, first semester, hands-on*

