

Investigação de expressões faciais em humanos usando eletromiografia de superfície de músculos da face e técnicas de processamento de sinais para aprendizado de máquina

Investigation of facial expressions in humans using surface electromyography of facial muscles and signal processing to machine learning techniques

RESUMO

O presente estudo questiona a acurácia da detecção e distinção dos padrões faciais através da técnica de eletromiografia. Foram investigadas as características dos sinais eletromiográficos oriundos da atividade sináptica das unidades motoras. Foram utilizados os músculos zigomático maior e corrugado do supercílio e realizadas seis expressões faciais básicas - Feliz/Alegre, Surpreso, Triste, Raiva, Enojado, Medo. A posterior segmentação e análise do sinal foi feita através do *software* Matlab ver. R2012b, utilizando os principais classificadores encontrados na literatura - valor eficaz (RMS), variância (VAR), comprimento de onda (WL) e cruzamento por zero (ZC). Os resultados mostraram significativa distinção entre os sinais em função de movimentos musculares de expressões ímpares. Concluiu-se que a referida técnica apresenta sensibilidade de detecção capaz de separar as expressões faciais mesmo em poucos grupos musculares. Denotando-se sua importância e possível aplicação em dispositivos de interface homem-máquina.

PALAVRAS-CHAVE: Eletromiografia. Expressão facial. Face - músculos.

ABSTRACT

The present study questions the accuracy of detecting and distinguishing facial patterns using the electromyography technique. The characteristics of the electromyographic signals from the synaptic activity of the motor units were investigated. The zygomatic and corrugator supercilii muscles were used and six basic facial expressions were performed - Happy / Cheerful, Surprised, Sad, Anger, Disgusted, Fear. Subsequent signal segmentation and analysis was performed using Matlab software R2012b, using the main classifiers found in the literature - effective value (RMS), variance (VAR), wavelength (WL) and zero crossing (ZC). The results showed a significant distinction between the signals as a function of odd expression muscle movements. It was concluded that this technique has detection sensitivity capable of separating facial expressions even in a few muscle groups. Denoting its importance and possible application in human-machine interface devices.

KEYWORDS: Electromyography. Facial expression. Face - Muscles.

Marcela Rodrigues Lima
marcelautfpr@gmail.com
Universidade tecnológica federal do Paraná
Curitiba, Paraná, Brasil

Fábio Luiz Bertotti
bertotti@utfpr.edu.br
Universidade tecnológica federal do Paraná
Pato Branco, Paraná, Brasil

Daniel Prado Campos
daniel.campos.utfpr@gmail.com
Universidade tecnológica federal do Paraná
Curitiba, Paraná, Brasil

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

Cada vez mais a tecnologia torna-se vital em diversas áreas da sociedade. As facilidades e melhorias advindas da evolução tecnológica conquistaram papel permanente na vida de cada indivíduo. Tanto em questões relacionadas diretamente com a saúde física, em vista da evolução dos aparatos médicos para tratamento das doenças, quanto indiretamente no que tange às relações humanas. (DCC Barra *et al.*, 2006).

Em vista da necessidade de tornar as ferramentas tecnológicas cada vez mais eficientes e acessíveis à maior parcela possível da população, é imprescindível o fomento de estudos que possibilitem o avanço dessa área. Os quais são fundamentais para implementação e diversificação de dados e técnicas que irão refletir melhorias a curto e a longo prazo.

Seguindo este pensamento, o projeto objetiva avaliar sinais oriundos do movimento de músculos faciais por meio da eletromiografia de superfície (sEMG), a qual corresponde à técnica não invasiva de registro do potencial de ação evocado pelos moto-neurônios das fibras musculares da placa motora (Kamen G; Gabriel DA, 2015). Diferentes músculos e/ou regiões do mesmo músculo emitem sinais com padrões diversos, devido às características próprias de cada unidade motora, como comprimento, número de fibras recrutadas e o tipo de contração. Tais sinais devem ser analisados e processados digitalmente a fim de reduzir o ruído e definir padrões precisos para cada sinal extraído (Hamedi *et al.*, 2011) e (Firoozabadi *et al.*, 2008).

A relação entre atividade sEMG e força muscular tem considerável relevância para o desenvolvimento de dispositivos protéticos. Profissionais da saúde tem encontrado numerosos usos clínicos para o sinal EMG. Aplicações para o uso desta técnica incluem *biofeedback*, análise de marcha e diagnósticos clínicos para doenças neuromusculares. Além disso, muitos pesquisadores cinesiologistas relataram estudos com a sEMG envolvendo questões como: reflexos espinhais, a ação de músculos específicos em vários movimentos, fadiga muscular e o uso da sEMG na reabilitação e no design ergonômico. (Kamen G; Gabriel DA, 2015) e (BASMAJIAN, John V; DE LUCA, Carlo J., 1985). A aplicabilidade da sEMG é extremamente ampla e relativamente acessível. Por conseguinte, denota-se a importância de se investir tempo e outros recursos no desenvolvimento desta técnica, visando ampliar e aprimorar as ferramentas disponíveis para identificação de patologias neuromusculares.

Portanto, o projeto tem enfoque na utilização dos padrões de sinais extraídos pela técnica da sEMG, com a finalidade de aplicação posterior em sistemas de interface homem-máquina, como em cadeiras de roda guiadas por movimentos das pálpebras (BL Albrecht, 2010).

O presente estudo utilizou a eletromiografia de superfície nos músculos faciais - zigomático e corrugador do supercílio – para identificação de padrões em seis movimentos de expressões faciais (Feliz/Alegre, Surpreso, Triste, Raiva, Enojado, Medo). Subsequentemente, foi feita a análise e tratamento dos sinais eletromiográficos. Da hipótese testada: Padrões podem ser identificados e distinguidos a partir de sEMG em músculos da face.

MATERIAIS E MÉTODOS

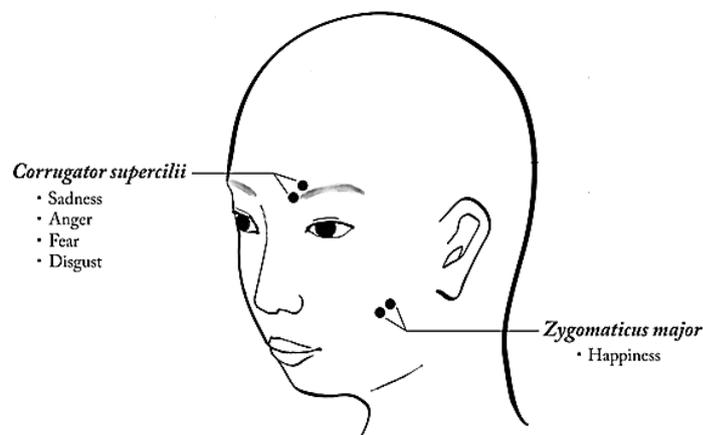
O procedimento consistiu em captar o sinal oriundo da atividade das unidades motoras recrutadas em cada movimento dos músculos faciais. Os experimentos realizados foram aprovados pelo comitê de ética com Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) 89638918.0.0000.5547.

Os materiais utilizados foram: Equipamentos eletrônicos - um eletromiógrafo (sEMG System do Brasil de oito canais) e um notebook pessoal; Outros materiais - eletrodos de Ag/AgCl, álcool gel setenta por cento e pasta condutora. Os equipamentos utilizados são da universidade e os demais custos foram de financiamento próprio.

Com base na literatura, primeiramente fez-se a preparação da pele: limpeza com álcool gel, remoção de pelos e aplicação da pasta condutora no local de posicionamento do dispositivo de captação do sinal. Os eletrodos Ag/AgCl foram posicionados nos músculos corrugador do supercílio (puxa a sobrancelha para o canto medial e para baixo) e zigomático maior (puxa os cantos da boca para cima e lateralmente).

A Figura 1 ilustra as regiões de posicionamento dos eletrodos. Cada par de círculos representa um grupamento muscular. E como pode ser observado na Figura 1, cada músculo está relacionado com uma ou mais expressões faciais.

Figura 1 – Posicionamento dos eletrodos

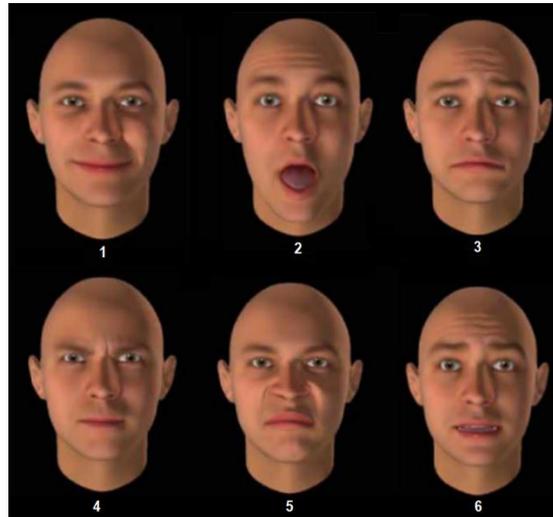


Fonte: Hamedi *et al.*, 2013.

Os movimentos realizados consistem-se de seis expressões faciais básicas: raiva, surpresa, desgosto, felicidade, tristeza e medo (ver Figura 2), de acordo com Gibert *et al.*, (2009), (Hamedi *et al.*, 2011; Hamedi *et al.*, 2013).

O experimento foi realizado com um voluntário saudável, do sexo masculino. Durante o procedimento o voluntário executou cada movimento facial cinco vezes, durante dois segundos, com intervalos de cinco segundos entre as repetições para diminuir efeitos da fadiga (ver Figura 3). Por fim, a máxima contração voluntária (MCV) através do sorriso forçado (Hamedi *et al.*, 2011; Hamedi *et al.*, 2013).

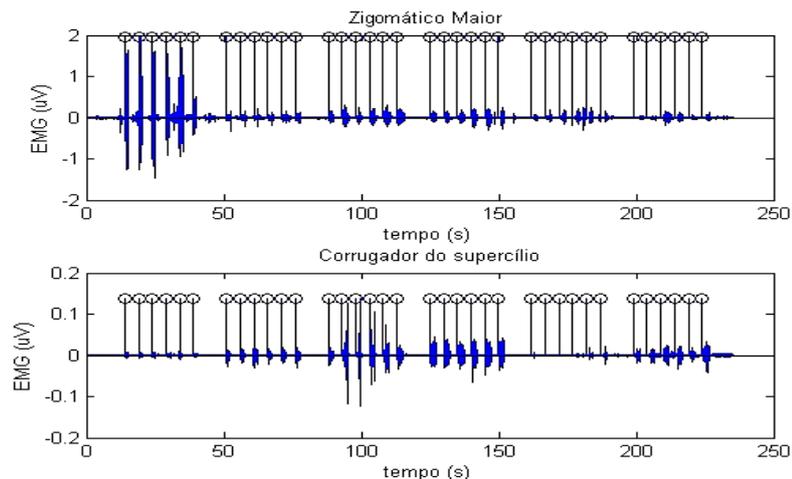
Figura 2 – Modelo de expressões faciais utilizadas no procedimento experimental. 1) Feliz, 2) Surpreso, 3) Triste, 4) Com Raiva, 5) Enojado, 6) Com Medo.



Fonte: Firoozabadi *et al.*, 2008.

Os grupos de divisões dos sinais representam os movimentos musculares e suas respectivas repetições captadas pelo eletromiógrafo. Uma porção dos sinais de sEMG obtidos são mostrados na Figura 3. O gráfico da primeira linha referente ao músculo zigomático maior e o da segunda linha representa a atividade do corrugador do supercílio. Observa-se que as expressões faciais distintas refletem sinais característicos e próprios. Primeiro grupo de repetições - Feliz/Alegre ; Segundo grupo de repetições - Surpreso ; Terceiro grupo de repetições - Triste ; Quarto grupo de repetições - Raiva ; Quinto grupo de repetições - Enojado; Sexto grupo de repetições - Medo.

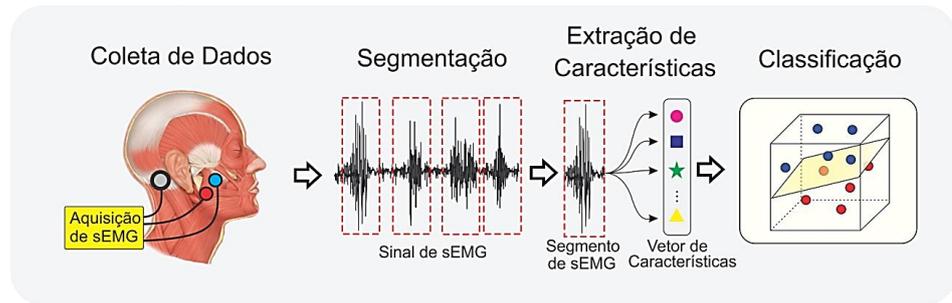
Figura 3 – Gráfico dos sinais eletromiográficos das expressões faciais.



Fonte: Autoria própria.

Após a aquisição dos sinais, foram extraídas as características. Em outras palavras, foi investigado qual padrão de sinal representa cada expressão e quais os músculos mais ativados. A normalização, filtragem e segmentação dos sinais, foi feita através do software MatLab versão R2012b. O fluxograma das etapas de processamento dos sinais é apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Fluxograma do processamento de sinais de sEMG.



Fonte: Autoria própria.

Para a normalização utilizou-se a máxima contração voluntária. Depois foi feita a filtragem para a eliminação do ruído (toda frequência que não corresponde a do sEMG). A segmentação foi feita pela definição da janela de amostragem em função da duração dos movimentos e repetições. Os sinais *outliers* foram eliminados. Então se extraiu as características no domínio do tempo e da frequência e ainda a integral do sinal (IEMG), valor eficaz (RMS), variância (VAR), comprimento de onda (WL) e cruzamento por zero (ZC) (Hamedi *et al.*, 2011; Firoozabadi *et al.*, 2008; Gibert *et al.*, 2009; Hamedi *et al.*, 2013; Rezazadeh *et al.*, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados corroboraram a hipótese testada - padrões podem ser identificados e distinguidos a partir de sEMG em músculos da face. Tanto o zigomático maior quanto o corrugador do supercílio foram mutuamente ativados durante as seis expressões faciais básicas (Feliz/Alegre, Surpreso, Triste, Raiva, Enojado, Medo). Nota-se que as expressões de surpresa, medo e nojo possuem similaridade quanto a intensidade de ativação, porém se distinguem estatisticamente entre os classificadores referidos. Desta forma, demonstrou-se a possibilidade de esta técnica ser utilizada para identificação desses movimentos e correlacioná-los com expressões faciais ou mesmo micro reações, dado a sensibilidade dos eletrodos em detectar movimentos relativamente sutis. As articulações faciomusculares que refletiram maior ativação eletrocináptica comparando os dois músculos estudados foram: No músculo zigomático - felicidade; No corrugador do supercílio – tristeza.

CONCLUSÃO

Para esta primeira etapa o resultado foi satisfatório, onde podem ser observadas características distintas entre as expressões faciais. Futuramente serão desenvolvidos testes com demais sujeitos e músculos para avaliar a acurácia da técnica e será feita a classificação das expressões faciais. Bem como a aplicação de outros filtros pouco referidos na literatura.

As características extraídas após a filtragem, normalização e segmentação, poderão ser usadas para a análise de micro reações faciais, investigação psicomotora, determinação da fadiga central e periférica, e aplicação em dispositivos de interface homem-máquina. Pois, inúmeros estudos têm comprovado a forte relação entre atividade EMG e força muscular, e demonstrado

a considerável relevância desta técnica para o desenvolvimento de dispositivos protéticos na reabilitação e no design ergonômico. (Hamedi *et al.*, 2011) e (Firoozabadi *et al.*, 2008).

REFERÊNCIAS

Barra DCC, Nascimento ERP, Martins JJ, Albuquerque GL, Erdmann AL. Evolução histórica e impacto da tecnologia na área da saúde e da enfermagem. Rev. Eletr. Enf. [Internet]. 2006.

KAMEN, Garry; GABRIEL, David A. Fundamentos da Eletromiografia. São Paulo: Phorte, 2015.

Hamedi, M., Salleh, S.-H., Swee, T. T., et al. (2011). Surface electromyography-based facial expression recognition in bi-polar configuration. Journal of Computer Science, 7(9), 1407.

Firoozabadi, S. M. P., Oskoei, M. A., & Hu, H., (2008). A human-computer interface based on forehead multi-channel bio-signals to control a virtual wheelchair. In Proceedings of the 14th Iranian conference on biomedical engineering (ICBME) (pp. 272–277).

BASMAJIAN, John V.; DE LUCA, Carlo J. Muscles alive: their functions revealed by electromyography. 5. ed. Baltimore: Williams e Wilkins, 1985.

ALBRECHT, B. L. Controle de uma cadeira de rodas motorizada através de eletromiografia em uma plataforma embarcada. Trabalho de conclusão de curso de graduação em Engenharia Elétrica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 2010.

CAMPOS, Daniel Prado de. Avaliação do comportamento ingestivo utilizando eletromiografia de superfície do músculo masseter. 2016. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.

Gibert G, Pruzinec M, Schultz T, Stevens K: Enhancement of Human Computer Interaction with facial Electromyographic sensors, Proceeding of the 21st Annual Conference of the Australian Computer Human Interaction Special Interest Group on Design Open 247 OzCHI. Melborn, Australia: ACM press; 2009:1–4.

Hamedi, M., Salleh, S.-H., Astaraki, M., & Noor, A. M. (2013). Emg-based facial gesture recognition through versatile elliptic basis function neural network. Biomedical engineering online, 12(1), 73.

Rezazadeh, I. M., Firoozabadi, S. M., Hu, H., & Golpayegani, S. M. R. H. (2011). A novel human-machine interface based on recognition of multi-channel facial bioelectric signals. Australasian Physical Engineering Sciences in Medicine, 34(4), 497–513.