

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE DERIVAÇÃO DA FONTE NO MAPEAMENTO DA ATIVIDADE ELÉTRICA CEREBRAL

por

ALMEIDA, A. C. G.¹ e INFANTOSI, A. F. C.²

RESUMO -- A topografia cerebral computada a partir de sinais EEG unipolares, não permite inferências quanto a atividade subjacente ao eletrodo de captação, não fornecendo informações que correspondam exclusivamente aos processos biofísicos da região imediatamente abaixo ao ponto de captação. Isto decorre do efeito de espalhamento das correntes elétricas, provocado pelas diferentes camadas condutoras que recobrem o cérebro. Para estimar a atividade subjacente ao ponto de captação utilizou-se o método de derivação da fonte, implementado segundo o método de diferenças finitas para redes não uniformes. Os topogramas cerebrais derivação da fonte, comparados aos unipolares, apresentaram maior seletividade na estimativa de atividades locais. Tais resultados indicam a importância complementar do método de derivação da fonte na interpretação de sinais EEG.

INTRODUÇÃO

Na Eletroencefalografia Clássica, o eletroencefalografista, ao tentar separar componentes diferentes e identificar padrões específicos, encontra-se em situação semelhante a um matemático na solução de um sistema de equações simultâneas. As conclusões do eletroencefalografista representam, entretanto, uma aproximação intuitiva baseada na capacidade humana de reconhecer padrões, ao invés de serem resultantes de uma aproximação eficiente de um problema multivariado. Neste sentido, esta técnica é altamente dependente da experiência profissional do especialista clínico. Devido a tais fatores, a análise do EEG tem sido descrita como uma arte, como também uma ciência (NIEDERMEYER, 1987).

Dentre os problemas encontrados na análise eletroencefalográfica clássica destacam-se a dependência da referência e o fato de ser o cérebro composto e superposto por camadas heterogêneas que contribuem para os efeitos de volume condutor, os quais resultam em um

¹-Doutorando PEB - COPPE/UFRJ; Docente Dep. Mat. - FUNREI-IFE

²-Docente do Programa de Engenharia Biomédica (PEB) - COPPE/UFRJ Caixa Postal 68.510, 21945- Rio de Janeiro - RJ

espalhamento na distribuição de potencial sobre o escalpo. Certamente, o processo completo de registro e interpretação do EEG será melhorado na medida em que o especialista for mais independente de resoluções do problema multivariado baseadas na intuição e, assim, dirigir todo o esforço para a interpretação de padrões ou atividades características da região subjacente ao eletrodo de captação.

Existe uma variedade de métodos de neuro-imagens disponíveis a clínicos e pesquisadores em neurologia e psiquiatria. Alguns métodos exibem dados relativos à estrutura orgânica (Tomografia Computadorizada e Ressonância Magnética Nuclear), outros fornecem informações funcionais, por exemplo, fluxo sanguíneo cerebral regional (SPET), tomografia por emissão de pósitrons (PET) e mapeamento topográfico cerebral. Somente a topografia fornece informações funcionais de forma não-invasiva ou sem exposições a radiações ionizantes e é, comparativamente, de menor custo. Esforços têm sido envidados no sentido de tentar correlacionar disfunções neurológicas (VALDES, 1990) e psiquiátricas (TORELLO, 1989) com o mapeamento topográfico cerebral de parâmetros espectrais.

A dependência da referência e o espalhamento devido às camadas superpostas ao cérebro, também representam um problema para a topografia cerebral. As dificuldades e limitações encontradas por um especialista, na interpretação de registros unipolares sem o auxílio de montagens bipolares, são comparáveis àquelas para análise e interpretação de topogramas construídos com sinais unipolares.

Em 1975, BO HJORTH, baseado no conceito de correntes ortogonais ao escalpo, propôs um método para atenuar as componentes tangenciais, basicamente provocadas pelo espalhamento. Este método, denominado derivação da fonte, enfatiza as atividades originárias de regiões subjacentes ao eletrodo de captação, fato este que pode ser comprovado através de análise, interpretação e simulações com sinais determinísticos (ALMEIDA, 1990). Este trabalho analisa qualitativamente os topogramas cerebrais de sinais de derivação da fonte calculados através do método de diferenças finitas para redes não-uniformes.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os sinais EEG foram captados através de 16 eletrodos dispostos sobre o escalpo do hemisfério esquerdo cerebral, 12 segundo o Sistema Internacional 10-20 e 4 conforme proposto por BUCHSBAUM (1982). Utilizando-se o "Sistema Experimental de Eletroencefalografia Baseado em Microcomputador" (AVILA, 1988), sinais unipolares (referência auricular) foram submetidos a filtragem, amplificação e digitalização (frequência de amostragem de 120 Hz, conversor A/D de 10 bits e faixa dinâmica de +5V). Tais procedimentos resultaram em sinais EEG na faixa de frequência de 0.5 a 35 Hz.

Os sinais da derivação da fonte foram obtidos através da aplicação do operador laplaciano, implementado segundo o método de diferenças finitas para redes não-uniformes, considerando-se as distâncias inter-eletrodos (ALMEIDA e INFANTOSI, 1989).

A partir de estimativas espectrais, calculadas através da Transformada Rápida de Fourier, topogramas cerebrais de parâmetros dos espectros de sinais unipolares e de derivação da fonte foram construídos utilizando-se interpolação espacial proposta por ETEVENON (1986).

Especialistas avaliaram qualitativamente os traçados dos sinais unipolares e derivação da fonte comparando aos topogramas obtidos de trechos dos respectivos sinais.

RESULTADOS

Na figura 1 é mostrado um trecho típico de sinais EEG das 16 posições do hemisfério esquerdo, para o qual foi aplicado o método de derivação da fonte. A avaliação de especialistas indica que os sinais derivação da fonte (figura 2), segundo diferenças finitas para redes não uniformes, das posições P01 e 01, apresentam-se mais atenuados, em comparação com OZ. Em T3 observa-se uma atividade de banda alfa com menor amplitude nos sinais originais (fig.1) do que nos sinais derivação da fonte, tendo estes, de uma forma geral, resultado em: atividades de banda alfa posterior, beta anterior e "sharp vertex" em CZ.

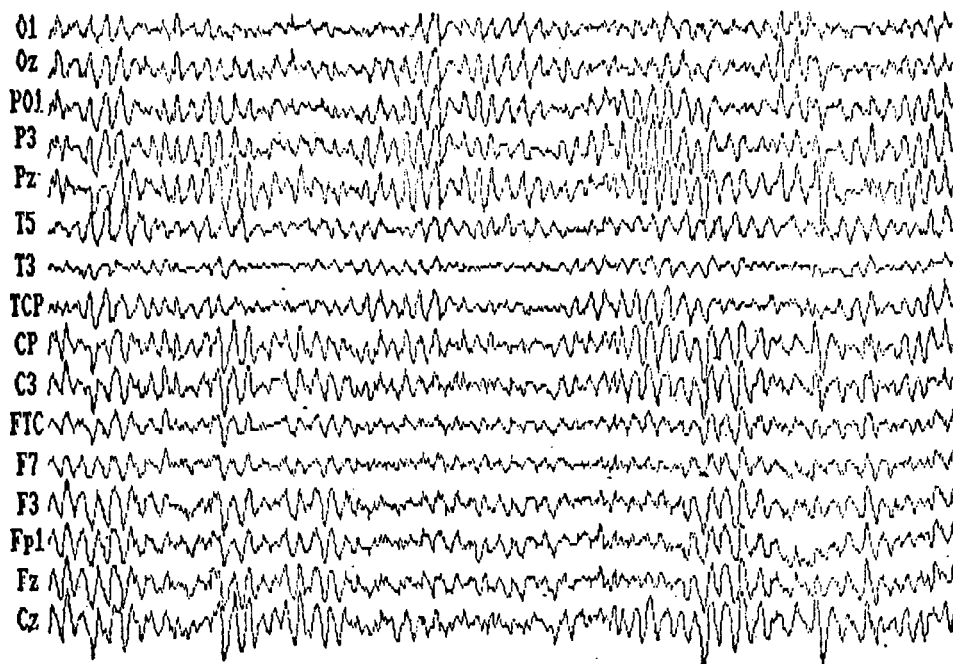


Figura 1. Trecho de sinais EEG, derivação unipolar (referência auricular), das 16 posições do hemisfério esquerdo de um paciente normal, segundo protocolo de olhos fechados. O segmento do canto inferior esquerdo refere-se a um intervalo de 1s.

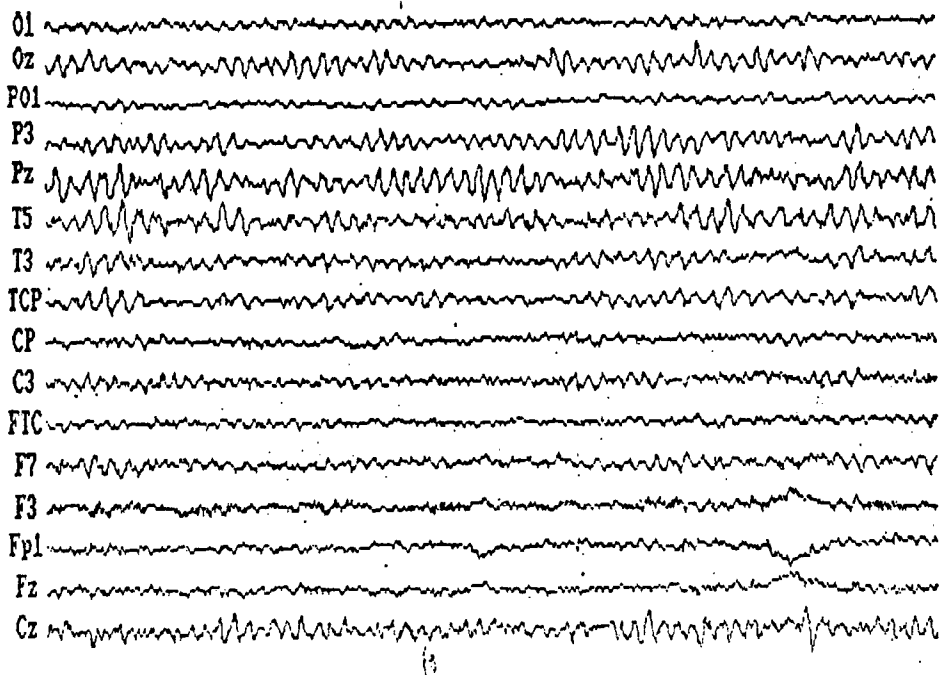


Figura 2. Trecho de sinais EEG, derivação da fonte segundo método de diferenças finitas para redes não-uniformes, das 16 posições do hemisfério esquerdo de um paciente normal, segundo protocolo de olhos fechados. O segmento do canto inferior esquerdo refere-se a um intervalo de 1s.

Para um intervalo de duração de 12,78s contendo o trecho de sinais EEG da fig.1, obteve-se o topograma cerebral do parâmetro amplitude média para banda total (fig.3a). O mapeamento cerebral para este mesmo intervalo, segundo derivação da fonte para redes não uniformes (fig.3b) exibe uma concentração de atividade nas regiões parietal, occipital e "vertex", enquanto que no topograma do sinal original a atividade mais intensa encontra-se concentrada na região temporo-rolândica, espairando-se para as regiões do "vértex" e frontal. Nos topogramas do parâmetro amplitude média para a banda alfa (fig.4), esta característica de redução de espalhamento é mais evidente.

DISCUSSÃO

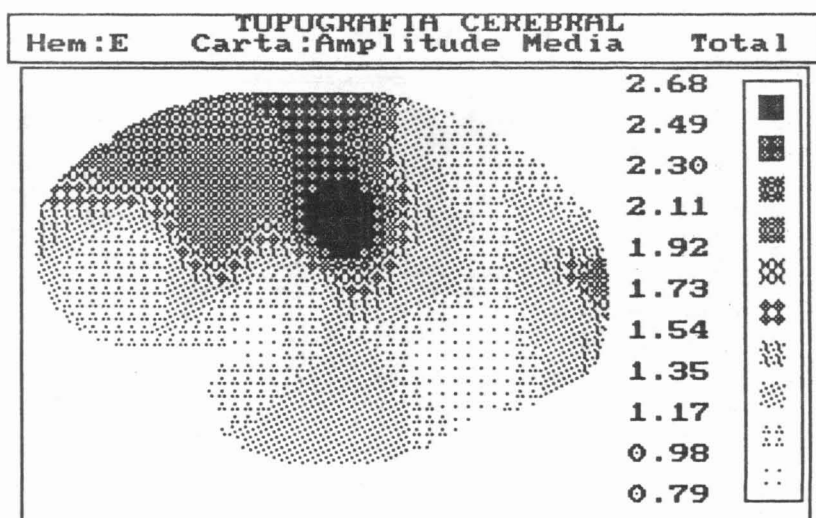
Para todo sinal analisado, observou-se que, originalmente, os traçados exibem uma atividade de banda alfa que difunde-se por quase todo o hemisfério. Após o processamento com o método de derivação da fonte, pode-se deduzir posições focais para tais atividades. Sem o uso da derivação da fonte, a estratégia classicamente utilizada é de montagens bipolares (rotineiramente nove montagens) para deduzir atividades locais, através da combinação de componentes que aparecem em diferentes traçados. Isto mostra que a aplicação do método de derivação da fonte na Eletroencefalografia Clássica pode complementar a interpretação. Duas vantagens podem ser apresentadas: melhoria da seletividade topográfica, comparada às derivações referencial e bipolar, e representação simples, uma vez que a atividade de cada posição de eletrodo é representada por somente um traçado, do tipo "monopolar", sem, contudo, as influências de uma "referência monopolar".

A seletividade do método de derivação da fonte (rede não uniforme) é melhor evidenciada no mapeamento do parâmetro amplitude média da banda alfa. A atividade difusa, caracterizada no topograma dos sinais originais, é atenuada (redução do espalhamento) concentrando-se nas regiões posteriores do cérebro. Tal observação é compatível com o protocolo experimental de olhos fechados, no qual a atividade de banda alfa, originária de regiões posteriores, concentra maior parte da energia do sinal (NIEDERMEYER, 1987).

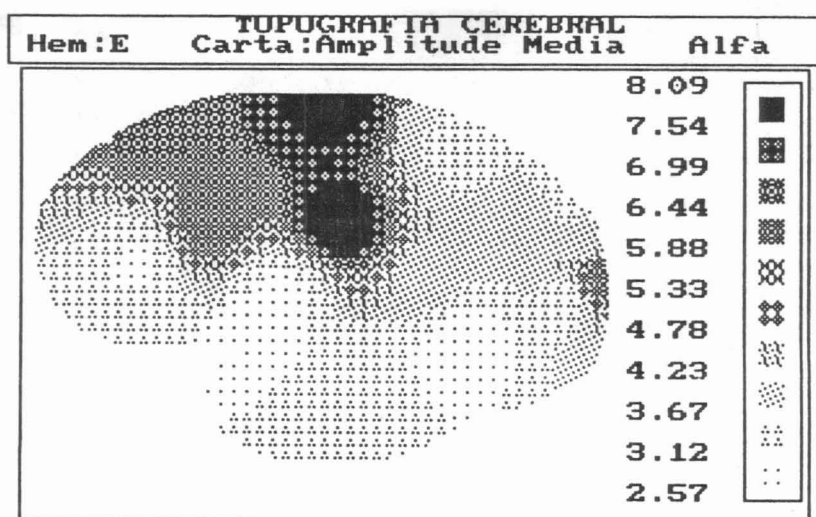
CONCLUSÕES

A implementação do método de derivação da fonte segundo diferenças finitas para redes não-uniformes foi proposta visando-se ser mais fiel à definição matemática do operador laplaciano. Embora esta implementação não considere a convexidade da calota craniana, a não-equidistância dos eletrodos é assumida.

A análise dos topogramas indica que em relação à derivação referencial, a derivação da fonte apresenta a vantagem de reduzir as influências de componentes de potenciais da posição do eletrodo de referência. Em comparação com a derivação bipolar, a derivação da fonte reduz influências de componentes oriundas de regiões externas à área de captação e tem, ainda, a vantagem de exibir a atividade local em somente um canal, eliminando o esforço interpretativo que seria necessário à determinação da região de geração. Há que se ressaltar, entretanto, que a derivação da fonte, tanto na Eletroencefalografia Clássica bem como na Eletroencefalografia Quantitativa, apresenta-se não como uma substituição de outros métodos, mas como um exame de grande importância complementar no estudo de atividades elétricas cerebrais.

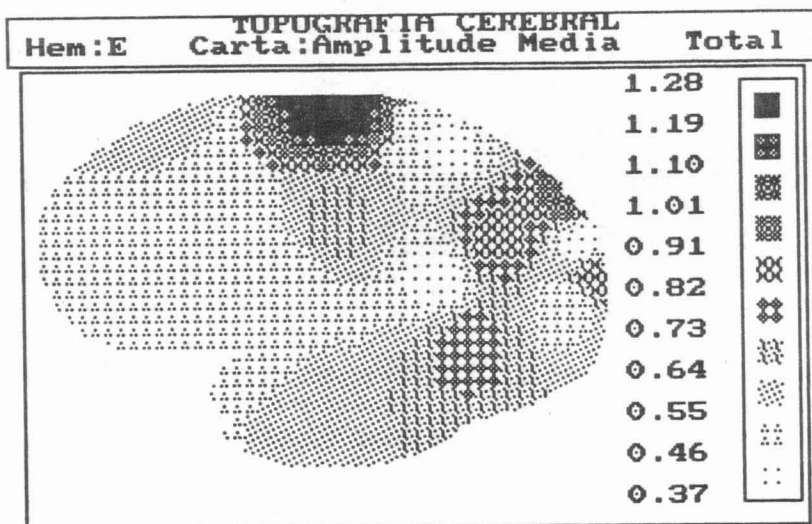


(a)

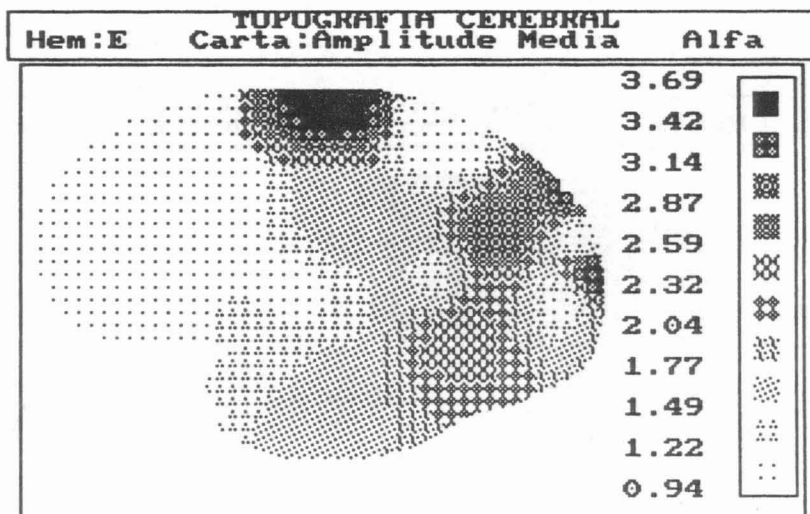


(b)

Figura 3. Topogramas cerebrais (parâmetro: amplitude média) para banda total do sinal original (a) e derivação da fonte segundo método de diferenças finitas para redes não-uniformes (b).



(a)



(b)

Figura 4. Topogramas cerebrais (parâmetro: amplitude média) para banda alfa do sinal original (a) e derivação da fonte segundo método de diferenças finitas para redes não-uniformes (b).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e CAPES pelo suporte financeiro e a colaboração de A.S.R. Avila e P.S.Aiex na análise dos sinais EEG.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. C. G. e INFANTOSI, A. F. C. (1989), "Estudo da Técnica de Derivação da Fonte de Sinais EEG", RBE-Caderno de Engenharia Biomédica, volume 6, Número 2, pp: 205-212.
- ALMEIDA, A. C. G. (1990) "Análise e Interpretação do Método de Derivação da Fonte Aplicado a Sinais Eletroencefalográficos", Tese Mestrado, Programa de Engenharia Biomédica - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro-RJ.
- AVILA, A. S. R. (1988), "Sistema Experimental de Eletroencefalografia Computadorizada", Tese Mestrado, Programa de Engenharia Biomédica - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro-RJ.
- BO HJORTH (1975), "An On-Line Transformation of EEG Scalp Potentials into Orthogonal Source Derivations", *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Elsevier Scientific Publishers, volume 39, pp: 526-530.
- BUCHSBAUM, M. S., RIGAL, F., COPPOLA, R., CAPPELETTI, J., KING, C., JHONSON, J. (1982), "A new system for gray-level surface distribution maps of electrical activity", *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, volume 53, pp: 237-242.
- ETEVENON, P. (1986), *Applications and Perspectives of EEG Cartography*, Topographic Mapping of Brain Electrical Activity, F. H. Duffy, Butterworth Publishers, United States of America, pp: 113-141.
- NIEDERMEYER, E. (1987), "The Normal EEG of the Waking Adult", *Electroencephalography: Basic Principles Clinical Applications and Related Fields*, Baltimore-Munich, Urban & Schwarzenberg, pp: 97-117.
- TORRELO, M. W., (1989), "Topographic Mapping of EEG and Evoked Potentials in Psychiatry: Delusions, Illusions and Realities", *Brain Topography - Journal of Functional Neurophysiology*, volume 11, número 3, pp: 157-174.
- VALDES, P., FIGUEIREDO, P., ANTELO, J., AUBERT, E., BISCAY, R. e GALAN, L. (1990), "The Accuracy of EEG Topographic Maps in Neurological Lesions", *Anal. of XII International Congress of Electroencephalography and Clinical Neurophysiology - Abstracts*, Rio de Janeiro-RJ, pp:35.

APPLYING THE SOURCE DERIVATION TECHNIQUE FOR MAPPING THE BRAIN'S ELECTRICAL ACTIVITY

ABSTRACT -- In brain topography computed from EEG unipolar derivations it is difficult to make inferences about the activity subjacent to the any electrode located on the scalp. The information provided by these maps does not relate exclusively to the biophysical process immediately below any given point. This due to the smearing of the electrical potential caused by the different conducting layers which cover the cortex. In order to compensate for this, the source derivation technique has been developed. A new algorithm is presented based on the finite difference method with non-uniform grid. Initial results from a normal patient show the improved spatial selectivity when compared to unipolar maps. These results support the utility of source derivation in complementing the conventional EEG signal interpretation.