

# ESTUDO QUANTITATIVO PILOTO PARA CARACTERIZAÇÃO DO EEG NORMAL REFERENTE À FREQUÊNCIA MEDIANA DO SINAL POR ELETRODO

Camila D. Ramos

Pós-Graduação Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG Brasil.

Rafael C. Tomais

Graduação Engenharia Biomédica, Faculdade de Engenharia Elétrica Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, Brasil.

Ana C. C. P. S. Araújo

Graduação Engenharia Biomédica, Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, Brasil.

Gabrielle M. Pereira

Graduação Engenharia Biomédica, Faculdade de Engenharia, Elétrica Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, Brasil.

Eustáquio F. Júnior

Graduação Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, Brasil.

João B. Destro-Filho

Professor Adjunto Engenharia Biomédica, Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, Brasil.

Gilberto A. Carrijo

Professor Adjunto Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, Brasil.

e-mail: camiladavi.r@gmail.com

**Resumo** - Registros de Eletroencefalografia (EEG) são constantemente utilizados na medicina, principalmente no setor público. O EEG quantitativo é bastante conhecido em frequências de até 35Hz, porém estudos recentes vem abordando as altas frequências e associando algumas atividades dessa faixa com possíveis patologias neurológicas. Esse estudo piloto teve como objetivo captar e realizar análise espectral de EEG em 10 indivíduos neurologicamente normais em frequências de 0 a 100Hz, quantificando a frequência mediana em cada eletrodo do sistema 10-20. Como resultado, foi possível verificar que a faixa de frequência mediana encontrada nos diversos eletrodos compreende 20 a 30 Hz, sendo que os eletrodos da região cerebral anterior apresentaram maiores frequências, indicando maior presença de ritmos de alta frequência em EEG (Beta, Gama e Supergama) e da região posterior menores frequências, indicando predominância de ritmos lentos (Delta, Teta e Alfa).

**Palavras-Chave** – Alta Frequência, Eletroencefalograma, Frequência Mediana, Parâmetros Espectrais.

## PILOT STUDY OF NORMAL QUANTITATIVE EEG IN TERMS OF THE MEDIAN FREQUENCY

**Abstract** - Electroencephalography records (EEG) are used in medicine, especially at the public sector. The quantitative EEG (QEEG) is well known in frequencies

below 35 Hz, but current studies investigate about high frequencies and their relationships with possible neurological conditions. This pilot study aimed to record and perform spectral analysis of EEG in 10 neurologically normal subjects, considering frequencies from 0 up to 100Hz, estimating the median frequency in each electrode of 10-20 system. As a result, the median frequency range was 20 to 30 Hz, for all electrodes. Anterior brain region electrodes presented higher frequencies, thus indicating major presence of high frequency rhythms in EEG (Beta, Gamma and Supergama). On the other hand, lower frequencies were highlighted in the posterior region, indicating the presence of slow activity (Delta, Theta and Alpha).

**Keywords** - High Frequency, Electroencephalography, Median Frequency, Spectral Parameters.

## I. INTRODUÇÃO

Em um sistema biológico, a não linearidade de seus sinais é fator constantemente presente, o que faz com que esta seja



XIV CEEL - ISSN 2178-8308  
03 a 07 de Outubro de 2016  
Universidade Federal de Uberlândia - UFU  
Uberlândia - Minas Gerais - Brasil

uma de suas características fundamentais [1], [2]. Em particular, para o sistema nervoso, a ausência de estacionariedade está ligada aos diferentes ritmos e ciclos que acontecem em escala de tempo, variando de forma contínua, apresentando assim, diversas frequências e amplitudes características [3]. Em 1920 foram realizados os primeiros estudos de sinal elétrico cortical que impulsionaram o desenvolvimento de técnicas mais avançadas de captação do sinal, como por exemplo análises eletroencefalográficas quantitativas (EEGQ) [4].

A eletroencefalografia (EEG) tem se mostrado um método de monitorização eletrofisiológica bastante útil aplicado em pacientes, principalmente quando se encontram em condições de desequilíbrios sistêmicos patológicos, que podem ser de ordem metabólica, tóxica, degenerativa, pós-anóxica, inflamatória e pós-traumática. Todas estas desordens afetam de forma direta ou indireta o sistema nervoso central [5]. Os exames de EEG são comumente usados na detecção de *spikes* epiléticos com a finalidade de identificação de possíveis crises epiléticas [6], porém, a presença do EEG também permite uma rápida intervenção durante qualquer evento que possa gerar danos neurológicos ao paciente, na tentativa de minimizar a ocorrência de lesões. Assim, é possível ter dimensão da sua importância, apesar de ter se popularizado como uma ferramenta no diagnóstico e manejo dos pacientes com epilepsia [7].

Com o avanço dos estudos em EEGQ, foi possível observar e classificar alguns ritmos característicos das ondas cerebrais que, conforme pode-se observar em [8], existem os ritmos delta, atuando de 0,5 - 3,5 Hz; teta, 3,5 - 7,5 Hz; alfa, 7,5 - 12,5 Hz; e beta, 12,5-30Hz. Este enfoque representa o conhecimento bem fundamentado da neurologia. No entanto, as chamadas Oscilações de Altas Frequências (OAF) estão presentes no padrão de análise do EEG, e este último sofre alterações conforme verificado em [9]. As OAF são potenciais que atuam na faixa de frequência que varia de 80 à 600 Hz [10]. A presença desta variação em exames EEG pode ser determinante entre o estado normal ou patológico do cérebro. Como exemplo, em [11] e [12] ocorrem relatos entre a relação da epilepsia e as mudanças das frequências.

Uma forma utilizada para o processamento do sinal EEG é a análise espectral, baseadas em análises lineares deste sinal (domínio do tempo e da frequência) [13], [14]. No entanto é possível observar em livros e literatura clássicos de EEGQ [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22] que as análises desse sinal não estão exatamente caracterizadas para exames de EEG Normal, ou seja, não existem padrões quantitativos de EEGQ que caracterizam a normalidade do paciente em relação à ausência de patologias neurológicas prévias.

Conforme proposto em [23], o cálculo da potência total relativa do sinal EEG foi usado para comparar resultados normais com os de indivíduos com transtorno de déficit de atenção com hiperatividade (TDAH). Em [24] foi utilizado a densidade espectral de potência para rejeição de artefatos de EEG, e em [25] verifica-se a utilização do cálculo de potência média como uma das análises realizadas para a classificação de padrões de EEG a partir de índices de quantificação conhecidos. Dessa maneira percebe-se que a literatura aborda superficialmente aspectos de comparação do sinal EEG patológico frente ao EEG normal.

Na Figura 1, é possível observar a localização dos eletrodos conforme o Sistema 10-20 de colocação, com a indicação dos ritmos característicos quando em estado de vigília, repouso, com olhos fechados e fundamentado no mapeamento topográfico em situação normal. Conforme é possível observar, espera-se uma certa simetria em relação aos sinais captados nos hemisférios cerebrais direito e esquerdo. A característica padrão neste estado está na presença predominante de ondas alfa nas regiões posteriores do córtex cerebral. A Figura 1 resume portanto o padrão de “EEG normal” aceito e utilizado pela neurologia atual [26].

Um estudo quantitativo viável para a caracterização do EEG normal e em alta frequência refere-se ao cálculo da frequência mediana, que consiste na transformação da amostra para o domínio da frequência, a divisão equivalente do espectro em duas partes semelhantes, apresentando assim, um pico de potência central, sendo portanto a frequência mediana [27].

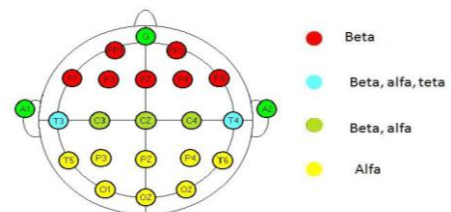


Fig. 1: Classificação dos ritmos predominantes por eletrodo em um EEG normal, em vigília e olhos fechados [26].

A frequência mediana é comumente utilizada em sistemas biológicos, para análises de exames eletromiográficos (EMG) e ainda em exames EEG analisando indivíduos que foram submetidos à drogas anestésicas, como consta em [27], [28], [29], [30] e [31]. No entanto não foram encontradas na literatura análises de frequência mediana no exame EEG de indivíduos considerados normais, em captações de alta frequências.

Diante do exposto, esse projeto tem como objetivo realizar um estudo piloto a partir da gravação e análise do sinal EEG de 10 voluntários sadios mental e fisicamente, para estimar valores de frequências medianas em todos os eletrodos do sistema 10-20, e ainda verificar a simetria cerebral, levando em consideração o valor da média de frequência mediana por eletrodo, e ao final, tentar estipular parâmetros característicos do EEG dessa população.

## II. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho, inicialmente foi feito o levantamento bibliográfico e em seguida produzido o protocolo de coleta EEG junto à profissionais da área da saúde. Posteriormente, os registros foram iniciados no setor de Neurologia Clínica do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia (SEN HC-UFU), em indivíduos na condição de normalidade a qual leva em consideração boa saúde mental e física, com a devida autorização ética.

**Fatores de inclusão:** Indivíduos entre 18 e 60 anos de idade, e cumprimento das normas previstas no termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) dessa pesquisa.

**Fatores de exclusão:** Histórico prévio de doença neurológica, uso frequente de medicação neurológica e possuir idade fora da faixa etária escolhida para a pesquisa.

**Configurações do aparelho de EEG:** O aparelho utilizado foi o amplificador de sinais biológicos *BrainNet BNT-EEG* (equipamento disponível no SEN HC-UFU) usando filtro passa alta de 1 Hz e filtro passa baixa de 100 Hz, com taxa de amostragem de 240 amostras por segundo.

**Preparação para coletas de dados:** Foram colocados 22 eletrodos não-invasivos no escalpo do voluntário, seguindo o sistema 10-20 de colocação, e utilizando gel condutor da marca *MaxxiFix*, formado basicamente de agentes emulsionantes não-iônicos de alta condutividade.

**Caracterização da amostra:** Os 10 voluntários analisados nesse estudo piloto têm média de  $25,7 \pm 6,92$  anos de idade, peso médio de 70,4 Kg  $\pm 9,2$ , sendo 7 voluntários homens e 3 mulheres. Todos seguiram os critérios de inclusão para participarem dos registros.

**Pré-processamento dos dados:** Com o auxílio do médico neurologista foram selecionadas 10 épocas, de 1 segundo cada, no trecho de olhos fechados para cada voluntário, classificadas com ausência de artefatos visíveis, para um total de 10 voluntários. Em seguida foi utilizado um mecanismo para conversão dos dados gerados pelo aparelho de EEG em dados lidos no software *MatLab*. As 10 épocas selecionadas de cada voluntário foram analisadas no domínio da frequência para verificar o comportamento do sinal.

**Processamento dos dados:** Inicialmente o sinal foi colocado à média zero e então feita a Transformada de Fourier em cada época a ser analisada. O módulo obtido foi normalizado e em seguida realizou-se a filtragem do sinal em 60 Hz, usando para isso um filtro rejeita-banda de 58 a 62 Hz. Posterior à filtragem dos dados foi feita a análise espectral para determinar os parâmetros de Frequência Mediana de cada eletrodo, utilizando (1) para tal.

$$F_{mediana} = \frac{\sum_{k=0}^n |x(k)|f(k)}{\sum_{k=0}^n |x(k)|} \quad (1)$$

Onde:  $n$  – Número de amostras do sinal  $|x(k)|$ .  
 $|x(k)|$  – Módulo obtido pela Transformada Discreta de Fourier.  
 $f(k)$  – Vetor de frequências.

A partir das épocas previamente selecionadas pelo neurologista e posterior filtragem do sinal, cada valor de frequência mediana calculado foi analisado. Em suma, foram calculados ao total 100 valores de frequências medianas para cada eletrodo, levando em consideração 10 épocas por voluntário, e um total de 10 voluntários. Ao final, foram calculados os valores médios e desvios padrões com objetivo de caracterizar a amostra.

### III. RESULTADOS

Os valores médios de frequências medianas estão demonstrados nas Tabelas 1 a 5 respeitando respectivamente a ordem dos eletrodos de acordo com a distribuição deles no córtex cerebral: Frontais, Centrais, Temporais, Parietais e Occipitais.

Além dos cálculos de média, foram obtidos ainda os valores de desvio padrão da variação da frequência mediana. A Figura 2 é um gráfico que representa os valores de desvio padrão por eletrodos.

Com relação à simetria dos eletrodos, a partir dos dados

obtidos nas Tabelas 1 a 5 e utilizando a fórmula contida em (2), foram calculados, usando valores da média e desvio padrão, os índices de simetria entre os pares de eletrodos referente à frequência mediana. Valores próximos a zero representam simetria total e valores próximos de 1 (100%) representam grande disparidade entre os eletrodos simétricos. A Tabela 6 contém os resultados de porcentagem de diferença entre os eletrodos.

$$\text{Índice Simetria} = \frac{|\mu(EI_1) - \mu(EI_2)|}{\max(\mu(EI_1), \mu(EI_2))} \quad (2)$$

Onde:

$\mu(EI_1)$  – Valor da frequência mediana média (Tabelas 1-5) de um eletrodo par;

$\mu(EI_2)$  – Idem, referente ao eletrodo simétrico associado a  $EI_1$

A Tabela 7 foi obtida usando (2), porém considerando os valores de desvio-padrão obtidos na Figura 2.

### IV. DISCUSSÃO

A partir dos resultados obtidos é possível verificar que, na parte anterior do córtex cerebral, mais precisamente os eletrodos frontais, a frequência mediana atinge cerca de 25 Hz, como pode-se observar na Tabela 1. Baseado na literatura clássica de EEG, nota-se que essa frequência é característica de um tipo de ritmo cerebral conhecido como ritmo Beta, sendo presente no estado “alerta” de consciência.

A parte central do cérebro, caracterizada pelos eletrodos centrais, como mostra a Tabela 2, apresenta uma média de valores de frequências medianas igual a cerca de 24 Hz, o que não é significativamente diferente da região frontal do cérebro. Já a região temporal do cérebro, representada pelos eletrodos temporais, Tabela 3, tem média de frequência mediana de cerca de 27 Hz. Esse valor também está na faixa Beta de ritmos cerebrais.

As regiões parietais do cérebro, representadas pelos eletrodos parietais como mostra a Figura 1, contém média de frequência mediana igual a cerca de 23 Hz.

A região posterior cerebral, onde estão os eletrodos occipitais, apresenta média de frequência mediana igual a cerca de 22 Hz, conforme mostra a Tabela 5.

A observação do escalpo cerebral como um todo permite verificar que a média de valores de frequências medianas diminuem de acordo com a região cerebral, onde nos locais frontais há tendência de maiores frequências medianas e nos locais posteriores as frequências medianas são menores. Esse resultado é esperado, pois conforme o que é descrito em (ANGHINAH, 1998), nota-se que os ritmos característicos da região frontal do cérebro são ritmos de maiores frequências (Beta), e aqueles característicos da região posterior cerebral são de frequências menores.

Portanto, o padrão demonstrado na Figura 1, aceito pela neurologia atual, pode ser confirmado por meio dos resultados obtidos nesse estudo piloto em que, como mostra essa Figura, a prevalência de ritmos rápidos e maiores frequências (ritmos Beta por exemplo) está na região frontal do cérebro. Em contrapartida, ritmos de menores frequências se encontram em regiões mais posteriores.

Analisando o desvio padrão-calculado (Figura 2) é possível verificar que a maior variação de frequência mediana ocorreu no eletrodo F7, e a menor, em O2. Nesse caso, pode-se constatar que a variabilidade biológica da

frequência mediana de um indivíduo normal é de cerca de 1,45 - 3,25 Hz.

Tabela 1: Valores Médios de Frequências Medianas Eletrodos Frontais.

Eletrodos	Frequência Mediana (Hz)
F7	27,3675
Fp1	28,5375
F3	23,86779
F8	26,56422
Fp2	27,30939
F4	20,98813
Fz	21,96235
Média	25,22813

Tabela 2: Valores Médios de Frequências Medianas Eletrodos Centrais.

Eletrodos	Frequência Mediana (Hz)
C3	26,24152
C4	22,83805
Cz	22,3117
Média	23,79709

Tabela 3: Valores Médios de Frequências Medianas Eletrodos Temporais.

Eletrodos	Frequência Mediana (Hz)
T3	31,36455
T5	24,9178
T4	26,89944
T6	25,55714
Média	27,18473

Tabela 4: Valores Médios de Frequências Medianas Eletrodos Parietais.

Eletrodos	Frequência Mediana (Hz)
P3	24,10076
P4	22,14374
Pz	21,89586
Média	22,71345

Tabela 5: Valores Médios de Frequências Medianas Eletrodos Occipitais.

Eletrodos	Frequência Mediana (Hz)
O1	23,43347
O2	20,90676
Oz	22,2265
Média	22,18891

Tabela 6: Índice de Simetria de Média

Eletrodos Simétricos	Simetria (adimensional)
F7-F8	0,029351
T3-T4	0,142362
T5-T6	0,025016
FP1-FP2	0,043035
F3-F4	0,12065
C3-C4	0,129698
P3-P4	0,081202
O1-O2	0,107825

Tabela 7: Índice de Simetria de Desvio Padrão

Eletrodos Simétricos	Simetria (adimensional)
F7-F8	0,282097
T3-T4	0,115145
T5-T6	0,210605
FP1-FP2	0,054213
F3-F4	0,139179
C3-C4	0,06713
P3-P4	0,021137
O1-O2	0,264166

Existe ainda a teoria da simetria cerebral em que a literatura classifica grandes assimetrias de ritmos como indicadoras de lesões focais (NIEDERMEYER,2005). A interpretação da Tabela 6 permite concluir que para essa população o índice de simetria, levando em consideração valores médios de frequência mediana, para os indivíduos normais foi de cerca de 2 a 14%. Já levando em consideração a variação dos valores com relação à média total, ou seja, baseado em valores de desvio padrão, o índice de simetria varia entre cerca de 2 a 28%, como é observado na Tabela 7.

## V. CONCLUSÕES

Esse estudo piloto analisou registros de 10 voluntários neurologicamente normais observando trechos em repouso, de olhos fechados e sem artefatos biológicos visíveis, em uma distribuição conjunta de 1-58Hz e 62-100Hz. De maneira geral os resultados permitem concluir que não foi possível, por meio da análise única de frequência mediana, observar todos os ritmos clássicos de um EEG (Figura 1), embora o conjunto analisado representado pelo valor dessa frequência mediana possa indicar alguns resultados já esperados. Nota-se que a frequência mediana varia entre 20 e 30 Hz no contexto dos 20 eletrodos analisados, o que caracteriza atuação na faixa Beta de ritmo cerebral. Contudo, para eletrodos frontais a frequência mediana é maior comparada aos eletrodos posteriores, portanto percebe-se que as pequenas variações desses valores de frequência mediana é que indicam os demais ritmos associados ao ritmo Beta em cada eletrodo. Nota-se que existe um padrão de variação de frequência mediana entre os 20 eletrodos analisados, sendo que, para essa população, é normal um variação maior nos eletrodos Frontais, Temporais e Centrais. Pode-se ainda afirmar que os eletrodos frontais e temporais apresentam maiores contribuições dos ritmos de alta frequência de EEG, o que indica presença maior dos ritmos não- clássicos Gama e Supergama.

Pressupondo que comportamentos distintos de pares de eletrodos sugerem anomalia neurológica, nota-se que para indivíduos considerados normais, nesse estudo piloto, existe uma diferença de frequência entre os pares de eletrodos de até cerca de 14%. Ainda é possível verificar que os índices de variação de cada eletrodo são distintos, podendo ser de até cerca de 28% a diferença para os pares. Por meio desses cálculos, é notório que o indicador desvio padrão não é ideal para a comparação da simetria, devido à seus valores elevados.

A sequência deste estudo consiste em realizar a mesma análise para uma amostra maior de voluntários, e dessa maneira traçar padrões quantitativos de EEG normal em contexto de alta frequência.

### AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Universidade Federal de Uberlândia e ao Hospital de Clínicas da Universidade (HCU-UFU) por cederem espaço e profissionais para que a pesquisa pudesse ser realizada. Agradecimentos ainda à equipe do setor de Neurologia do HCU-UFU, setor de Unidade de Terapia Intensiva do HCU-UFU e aos voluntários dessa pesquisa. Esta pesquisa foi financiada através de bolsas das agências CAPES, CNPq e Fapemig.

### REFERÊNCIAS

- [1] MARMARELIS, P.Z.; MARMARELIS, V.Z. **Analysis of Physiological Systems - the white-noise approach**. New York: Plenum Press, p. 245, 1978.
- [2] BARDAKJIAN, B.L. et al. Nonlinear system identification of hippocampal neurons. In: MARMARELIS, V.Z. **Advanced Methods of Physiological Systems Modelling**. New York: Plenum Press, 1994, vol. 3, pp.179-194, 2003.
- [3] FREEMAN, W. J. **Neurodynamics: An Exploration in Mesoscopic Brain Dynamics**. London, UK, 2000.
- [4] KANDEL, E.C.; SCHWARTZ, J.H.; JESSEL, T.M. **Principles of Neural Sciences**. New York: Mc-Graw Hill Inc., p.1413, 2000.
- [5] VESPA, P. **Continuous EEG monitoring for the detection of seizures in traumatic brain injury, infarction, and intracerebral hemorrhage: "to detect and protect"**. Clin Neurophysiol, pp.99-10, 2005.
- [6] AMODIO P, Marchetti P, Del Piccolo F, de Tourchaninoff M, Varghese P, Zuliani C, Campo G, Gatta A, Guérit JM. **Spectral versus visual EEG analysis in mild hepatic encephalopathy**. Clin Neurophysiol, 1999.
- [7] QUINONEZ, D. **Common applications of electrophysiology (EEG) in the past and today: the technologist's view**. Electroencephalography Clin Neurophysiol, p.106, 1998.
- [8] ZELMANN, R. et al. **Scalp EEG is not a blur: It can see high frequency oscillations although their generators are small**. Brain Topography, pp. 683-704, 2014.
- [9] ENGEL J Jr, Bragin A, Staba R, Mody I. **High-frequency oscillations- What is normal and what is not**. Epilepsia. 2009.
- [10] JACOBS, J. et al. **High frequency oscillations (80–500 Hz) in the preictal period in patients with focal seizures**. Epilepsia, pp. 1780–1792, 2009.
- [11] ENGEL JR., J.; SILVA, F. L. **High-frequency oscillations – Where we are and where we need to go**. Progress In Neurobiology, pp. 316–318, 2012.
- [12] PACHORI, R. **Analysis of normal and epileptic seizure EEG signals using empirical mode**. 2011.
- [13] TELENZUK, B. et al. **High-frequency EEG covaries with spike burst patterns detected in cortical neurons**. Journal of Neurophysiology, pp. 2951-2959, 2011.
- [14] VAZQUEZ, R. **Blind source separation, wavelet denoising and discriminant analysis for EEG artifacts and noise cancelling**. Biomedical Signal Processing and Control, Elsevier, 2012.
- [15] EVANS, JR.; ABARBENEL, A. **Introduction to quantitative EEG and neurofeedback**. Academic Press, USA, p. 406, 1999.
- [16] KRAUSS, G.L.; FISHER, R.S. **The JOHNS HOPKINS Atlas of Digital EEG – An Interactive Training Guide**. The Johns Hopkins University Press, USA, p. 360, 2006.
- [17] SUBASI, A. **EEG Signal classification using PCA, ICA, LDA**. 2010.
- [18] EBERSOLE, J.S.; PEDLEY, T.A. **Current practice of clinical electroencephalography**. 3a Ed. Lippincott Williams & Wilkins, USA, p. 974, 2003.
- [19] MONTENEGRO, M.A. **EEG na prática clínica**. Lemos, Brasil, p. 303, 2001.
- [20] NIEDERMEYER, E.; DA SILVA, F.L. **Electroencephalography- Basic principles, clinical applications and related**. Field. 5ed Lippincott Williams & Wilkins, USA, p.1277, 2005.
- [21] SHIPTON, H. W. **EEG analysis: a history and a prospectus**. Annu. Rev. Biophys. Bioeng, pp.1-13, 1975.
- [22] ANGHINAH, R. et al. **Eletrencefalograma quantitativo e topográfico (mapeamento cerebral) - Estudo do padrão normal para uma população adulta**. Arq Neuropsiquiatr, pp.59-63, 1998.
- [23] SHEORAJPANDAY, R.V.A. et al. **Quantitative EEG in ischemic stroke**. 2010.
- [24] KROPOTOV, J.D. **Quantitative EEG, event related potentials and neurotherapy**. Elsevier, USA, p. 592, 2009.
- [25] LÜDERS, H.O.; NOACHTAR, S. **Atlas e Classificação em Eletroencefalografia - Introdução à Avaliação do Eletroencefalograma**. Novartis, p. 207, 2000.
- [26] MISULIS, K. E.; HEAD, T. C. **Essentials of Clinical Neurophysiology**. 3ª Ed. Butterworth Heinemann, USA, 2003.
- [27] STULEN, F.B. ; DE LUCA, C.J. **Frequency parameters of the myoelectric signal as a measure of muscle conduction velocity**. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, VOL, bme-28, NO.7, 1981.
- [28] RODRIGUES, D.; OLIVEIRA, A.S.; BÉZIN, F. **Análise da Frequência Mediana do sinal eletromiográfico de superfície antes e depois da aplicação da TENS em indivíduos com DCM e Normais**. Revista Brasileira de Fisioterapia, Vol. 5 no 2, 59-64, 2001.
- [29] PHINYOMARK, A. et al. **The usefulness of mean and median frequencies in electromyography analysis**. INTECH, Cap.8, 2012.
- [30] DRUMMOND, J.C.; BRANN, A.; PERKINS, E.; WOLFE, D.E. **A comparison of median frequency, spectral edge -frequency, a frequency band power ratio, total power, and dominance shift in the determination of depth of anesthesia**. Anaesthesiol Scand, 35, 693-699, 1991.

[31]SCHWILDEN,H.. **Use of the median EEG frequency and pharmacokinetics in determining depth of anaesthesia.** *Baillière's Clinical Anaesthesiology*, Volume 3, Issue 3, December 1989.