



Uma comparação entre técnicas matemáticas aplicáveis à análise do EEG do sono



Gustavo Della Flora Nunes¹; Dr^a. Maria Cristina Varriale²

1. IC PIC-Me - CNPq - gustavo.nunes@ufrgs.br ; 2. Orientadora - cris@mat.ufrgs.br

Introdução

As técnicas matemáticas ocupam um lugar de destaque na análise de sinais obtidos através da polissonografia (Figura 1), em especial o eletroencefalograma (EEG), que registra a atividade elétrica neuronal através de eletrodos colocados sobre o escalpo.

O Padrão Alternante Cíclico (CAP, do inglês Cyclic Alternating Pattern), representado na figura 2, é um evento electrocortical fisiológico manifestado durante o sono NREM, mas altas taxas tem sido associadas a má qualidade do sono, demarcando sua instabilidade e fragmentação. A taxa de CAP está alterada em inúmeras patologias, como insônia, epilepsia, distúrbios respiratórios, depressão, narcolepsia, bruxismo, fibromialgia, parassônias e distúrbio de movimento periódico dos membros.

Assim, a identificação e quantificação do CAP é de grande interesse. E a matemática tem servido a este propósito, principalmente por meio da Transformada Wavelet.



Figura 1. Polissonografia. O registro de diversos parâmetros, geralmente durante uma noite de sono, fornece sinais importantes para a análise. (1)

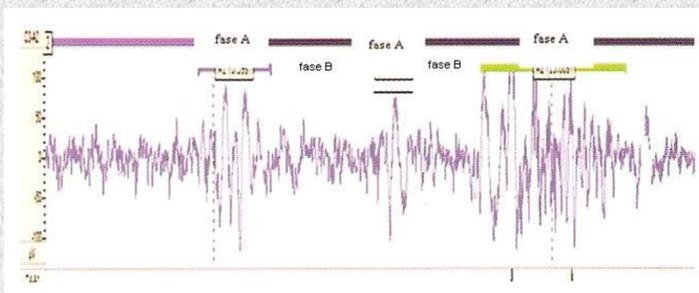


Figura 2. EEG demonstrando o CAP. O CAP é constituído de duas fases que se alternam: a fase A, de ativação, e a fase B, de inibição. (2)

Objetivos

O objetivo deste projeto é o desenvolvimento de um sistema de classificação automático do CAP, utilizando-se de técnicas matemáticas. Isto possibilitará a correlação com os preceitos fisiológicos - sendo aplicável até mesmo no diagnóstico de determinadas patologias -, além de contribuir para a geração de novos conhecimentos.

Metodologia

O passo inicial foi o estudo de diversas técnicas matemáticas úteis no processamento de sinais, identificando aquelas mais adequadas ao nosso objetivo. Merecem destaque a Transformada de Fourier (e seus desdobramentos, Transformada de Fourier Janelada e Transformada Rápida de Fourier) e a Transformada Wavelet, sendo a última a que originou melhores resultados.

Uma wavelet $\psi(t)$ (Figura 3) é uma função quadraticamente integrável e que integra a zero, possuindo atividade oscilatória concentrada no tempo. A transformada wavelet contínua (CWT) é definida como:

$$T(a, b) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \psi_{a,b}^*(t) dt \quad , \text{sendo } \psi_{a,b} = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad \text{onde } a \text{ representa a escala e } b \text{ a localização.}$$

* representa o conjugado complexo.

Foram realizados vários testes, aplicando estas técnicas a funções mais simples e averiguando suas propriedades (Figura 4), para posteriormente realizar a análise do EEG.

A partir do que foi estudado até o momento, nosso grupo de pesquisa está desenvolvendo um software capaz de realizar as análises de forma rápida e eficiente.

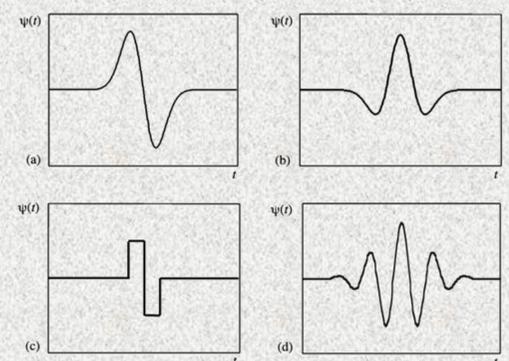


Figura 3. Quatro dos inúmeros exemplos de wavelet. a) Onda Gaussiana. b) Mexican hat. c) Haar. d) Morlet (parte real). (3)

Pequenas escalas a

Grandes escalas a

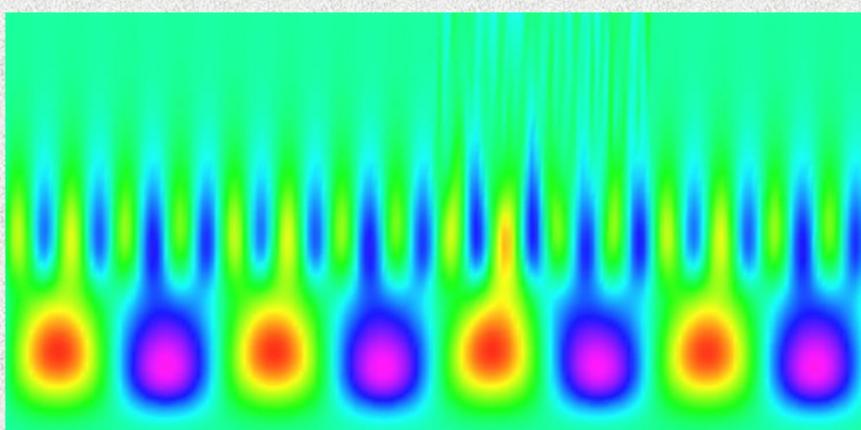


Figura 4. CWT de um sinal composto, utilizando a wavelet Mexican hat. Vemos que ela foi capaz de separar os diferentes componentes deste sinal: duas senóides (uma de frequência maior que a outra), e o ruído adicionado em parte do sinal. A ordenada representa a escala a , inversamente proporcional à frequência do sinal; a abscissa é dada pela localização temporal b ; o eixo z representa o valor obtido pela transformada e é dado em uma escala similar ao espectro de luz visível, com os maiores valores correspondendo ao vermelho e os menores ao violeta. (4)

Referências

1. Obtida de http://en.wikipedia.org/wiki/File:Pediatric_polysomnogram.jpg
2. Modificada de Tufik, Sérgio, Medicina e Biologia do Sono, 1ªEd., Ed. Manole, 2008.
3. Obtida de Addison, Paul S., The Illustrated Wavelet Transform Handbook, Taylor & Francis, 2002.
4. Produzida com o Maple v12.0 da Waterloo Maple Inc. <http://www.maplesoft.com>.

Considerações finais

As wavelets geram resultados muito satisfatórios, ao conciliarem a investigação do sinal eletroencefalográfico no domínio tempo-frequência e um algoritmo mais rápido do que a celebrada Transformada Rápida de Fourier (FFT, do inglês Fast Fourier Transform). Por isso, foram escolhidas para a implementação em nosso trabalho.

No software que está em construção, várias famílias de wavelets são utilizadas, cada uma melhor adaptada a determinadas características do sinal.

A próxima etapa é a aplicação dos conhecimentos adquiridos no EEG de pacientes de Clínicas do Sono.

Apoio:

