

# DISCIPLINA: BIOENGENHARIA.

Renata Coelho Borges  
renatacoelho@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

# Eletroencefalograma.

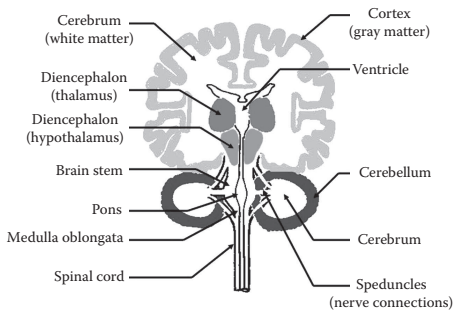
- 1 INTRODUÇÃO E VISÃO GERAL
- 2 ELETROENCEFALOGRAMA: SINAL DO CÉREBRO
- 3 ESPECTRO DE FREQUÊNCIA DO EEG
- 4 POTENCIAIS EVOCADOS
- 5 DOENÇAS DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL E O EEG
- 6 PROCESSAMENTO E EXTRAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DO EEG

- O cérebro atua como a unidade central de controle e processamento de dados do meio biológico
- A atividade neural do cérebro utiliza potenciais de ação pelos quais a atividade cerebral pode ser registrada
- Eletroencefalograma é a combinação das três palavras eletro, encéfalo (grego *en-kephale*) e grama
- Eletroencefalograma significa o registro das atividades elétricas do cérebro

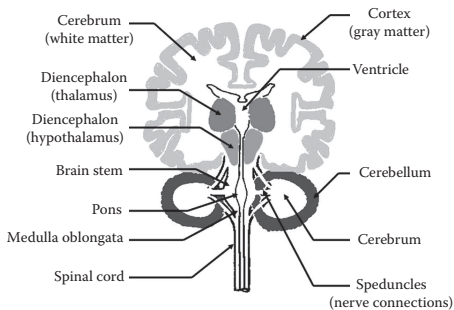
# O CÉREBRO E SUAS FUNÇÕES

- O cérebro é um órgão que faz parte do sistema nervoso central (SNC)
- O cérebro monitora e regula processos corporais inconscientes, como digestão e respiração
- O cérebro também coordena a maioria dos movimentos voluntários do seu corpo
- É também o local do pensamento consciente, permitindo que você aprenda e crie

- Cada parte do cérebro foi especializada para fornecer determinadas funcionalidades
- A seção frontal do cérebro gerencia movimentos de fala, pensamento, emoção, resolução de problemas e movimentos hábeis
- Esta parte é chamada de lobo frontal



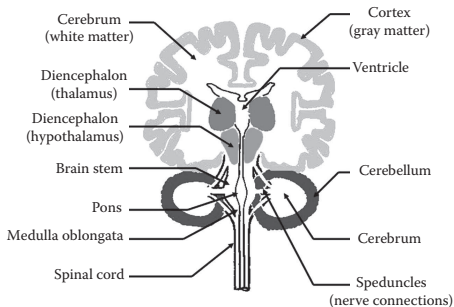
- Atrás do lobo frontal está o lobo parietal, que identifica e interpreta sensações como toque, temperatura e dor
- O lobo occipital coleta e interpreta imagens visuais
- Nos dois lados do lobo occipital estão os lobos temporais, que processam a audição e armazenam memória







- O tálamo atua como uma estação retransmissora dos impulsos nervosos sensoriais recebidos
- O hipotálamo desempenha um papel vital na regulação da temperatura corporal, entre outras coisas
- O hipotálamo controla a liberação de hormônios da hipófise próxima.
- O tronco cerebral é responsável por regular continuamente os vários mecanismos de suporte à vida, como frequência cardíaca, pressão arterial, digestão e respiração, além de atividades involuntárias, como engolir e espirrar

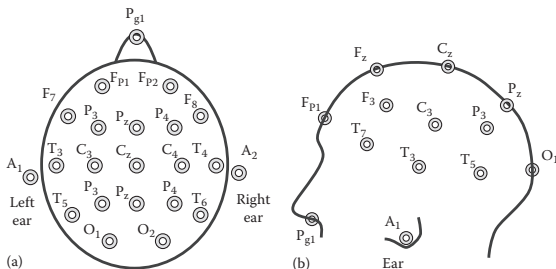




- 1 INTRODUÇÃO E VISÃO GERAL
- 2 ELETROENCEFALOGRAMA: SINAL DO CÉREBRO
- 3 ESPECTRO DE FREQUÊNCIA DO EEG
- 4 POTENCIAIS EVOCADOS
- 5 DOENÇAS DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL E O EEG
- 6 PROCESSAMENTO E EXTRAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DO EEG

# ELETOENCEFALOGRAMA

- Estima-se que o número de células nervosas no cérebro seja da ordem de  $10^{11}$  células nervosas
- Um axônio cortical pode receber entre 1000 e 100000 sinapses
- O pico do potencial de ação é positivo (30 mV) e dura aproximadamente 1 ms
- A amplitude pico a pico do impulso nervoso é de aproximadamente 100 mV

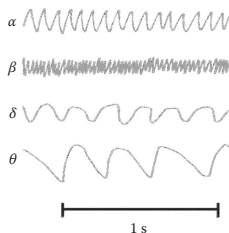


- O EEG é frequentemente usado para diagnosticar distúrbios convulsivos, tumores, lesões na cabeça, doenças degenerativas e morte cerebral
- O EEG também é muito usado em pesquisas sobre função e atividade cerebral
- A aplicação mais frequente do EEG está no registro e análise de potenciais evocados (EPs) e potenciais relacionados a eventos (ERPs) do cérebro
- Nessas aplicações, os sinais de EEG respondem a estímulos específicos, como entradas auditivas e visuais, e são gravados
- A principal desvantagem do EEG é que ele não revela de qual parte específica do cérebro o sinal se originou
- Isso se deve ao fato de que o EEG é um somatório espacial de todos os potenciais de ação provenientes de bilhões de neurônios em diferentes profundidades abaixo do córtex cerebral
- Em aplicações sensíveis em que as informações funcionais das estruturas profundas do cérebro precisam ser extraídas, a ressonância magnética funcional (fMRI) é usada

- 1 INTRODUÇÃO E VISÃO GERAL
- 2 ELETROENCEFALOGRAMA: SINAL DO CÉREBRO
- 3 ESPECTRO DE FREQUÊNCIA DO EEG
- 4 POTENCIAIS EVOCADOS
- 5 DOENÇAS DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL E O EEG
- 6 PROCESSAMENTO E EXTRAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DO EEG

# ESPECTRO DE FREQUÊNCIA DO EEG

- O sinal do EEG é frequentemente interpretado com base na presença e ausência de ondas específicas com frequências conhecidas



- $\alpha$ : 8-14Hz (relaxado e olhos fechados)
- $\beta$ : 14-50Hz (resolução de problemas e pensamento lógico - prevalente nas regiões dos lobos parietal e frontal)
- $\delta$ : 4-8Hz (crianças e adultos dormindo)
- $\theta$ : 0.5-4Hz (adultos dormindo e em crianças acordadas)
- recém-nascido: 0.5-2Hz

- 1 INTRODUÇÃO E VISÃO GERAL
- 2 ELETROENCEFALOGRAMA: SINAL DO CÉREBRO
- 3 ESPECTRO DE FREQUÊNCIA DO EEG
- 4 POTENCIAIS EVOCADOS
- 5 DOENÇAS DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL E O EEG
- 6 PROCESSAMENTO E EXTRAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DO EEG

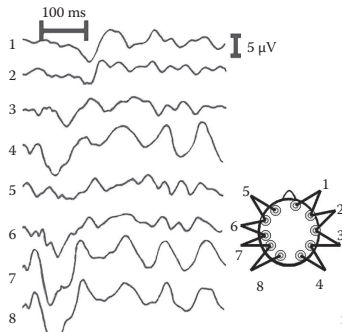


# POTENCIAIS EVOCADOS

- Os Potenciais Evocados são um conjunto de testes neurofisiológicos do sistema nervoso que permitem a avaliação funcional das vias nervosas do Sistema Nervoso Central e Periférico
- Eles permitem medir a atividade eléctrica do cérebro em resposta a estímulos visuais, sonoros ou táteis
- **Potenciais Evocados Visuais** - úteis no diagnóstico de lesões do nervo óptico e das vias ópticas, processos desmielinizantes (esclerose múltipla) ou lesões vasculares.
- *Potenciais Evocados Auditivos* - importantes na avaliação de défices auditivos, permitindo distinguir lesões ao nível do nervo acústico ou noutras localizações.
- *Potenciais Evocados Somatossensitivos* - avaliam a transmissão nervosa dos impulsos nas vias somatossensitivas dos membros superiores e inferiores até ao cérebro, tendo interesse no diagnóstico de lesões ao nível das raízes nervosas, da espinal medula e do encéfalo.

# POTENCIAL EVOCADO VISUAL

- Como pode ser visto nessas gravações, o sinal é mais forte perto da seção do cérebro que processa a entrada visual
- A entrada visual é processada na parte traseira da cabeça, com o cérebro esquerdo processando as informações do olho direito
- Os sinais gravados a uma distância maior do cérebro ativo exibem potenciais de amplitude mais baixos e também apresentam um atraso em relação ao principal potencial de resposta evocada



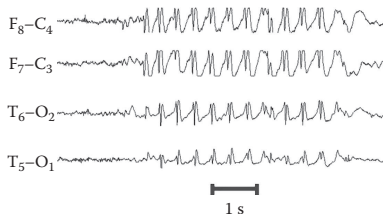
- 1 INTRODUÇÃO E VISÃO GERAL
- 2 ELETROENCEFALOGRAMA: SINAL DO CÉREBRO
- 3 ESPECTRO DE FREQUÊNCIA DO EEG
- 4 POTENCIAIS EVOCADOS
- 5 DOENÇAS DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL E O EEG
- 6 PROCESSAMENTO E EXTRAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DO EEG

- A epilepsia é uma doença crônica identificada por ocasiões irregulares de inconsciência, às vezes associadas a convulsões violentas
- É uma condição patológica de um grupo de células nervosas disparando harmoniosamente com uma certa frequência
- Com a localização padrão das células nervosas no córtex, isso se manifesta em um sinal mensurável de EEG
- Estima-se que aproximadamente 1 em cada 2000 pessoas por ano desenvolva algum tipo de epilepsia
- Além disso, especula-se que 1 em cada 20 pessoas tenha pelo menos uma ocorrência epiléptica espontânea ao longo da vida.

- Os eventos epiléticos são caracterizados de várias formas
- Um método para identificar diferentes estágios da epilepsia é a discriminação entre a duração dos eventos epiléticos e os intervalos entre os eventos
- A nomenclatura para essa designação usa os termos “petit mal” e “grand mal”
- O pequeno mal ocorre frequentemente em crianças e tem duração bastante curta, mas pode ocorrer com muita frequência
- A outra classificação é grand mal, o que resulta em convulsões violentas e o paciente perderá a consciência

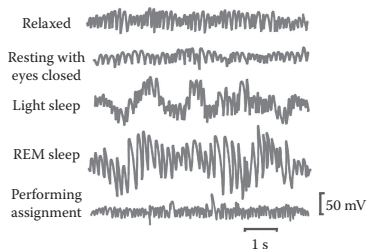
- Outro método de classificação para os tipos de epilepsia distingue as convulsões parciais, convulsões não-epilépticas e a mais grave: status epiléptico
- As crises gerais são subdivididas em gravidade como ausência, atônica, tônico-clônica e mioclônica

- O EEG de um ataque epilético chamado “petit mal” é ilustrado na Figura
- A gravação utiliza apenas quatro medições bipolares das posições dos eletrodos do sistema 10/20
- Como é evidente a partir dos registros de diferentes locais, parece haver um distúrbio caótico geral no EEG de todo o córtex



# DISTÚRBIOS DO SONO

- Devido às diferenças distintas no conteúdo de frequência do EEG acordado e no sono, as gravações de EEG são muito usadas no diagnóstico de distúrbios do sono
- Existem diferentes estágios no sono que podem ser identificados usando o EEG
- Os vários estágios do sono com os sinais de EEG associados são ilustrados na Figura, em comparação com o EEG de uma pessoa que está resolvendo um problema complexo e, portanto, exibe ondas beta.





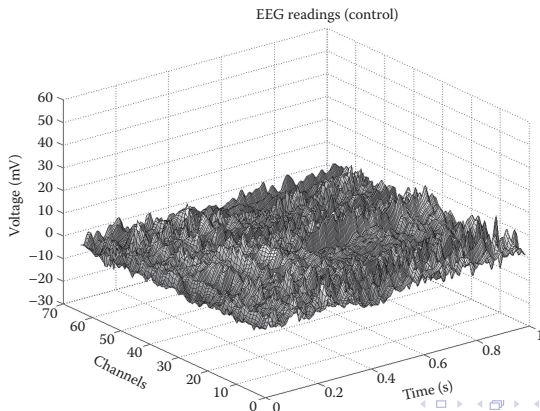
- Outro uso comum do EEG é o diagnóstico de meningite
  - infecção das membranas que circundam o cérebro, que às vezes pode causar inflamação no próprio cérebro
- A doença de Parkinson é o processo de diminuição da atividade neural devido ao fato de as células nervosas estarem constantemente morrendo
- Esse é um processo irreversível na maioria dos casos, mas quando diagnosticado em estágio inicial, existem medicamentos que podem retardar o processo
- O EEG do paciente com doença de Parkinson se assemelha ao de uma criança pequena

- 1 INTRODUÇÃO E VISÃO GERAL
- 2 ELETROENCEFALOGRAMA: SINAL DO CÉREBRO
- 3 ESPECTRO DE FREQUÊNCIA DO EEG
- 4 POTENCIAIS EVOCADOS
- 5 DOENÇAS DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL E O EEG
- 6 PROCESSAMENTO E EXTRAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DO EEG**

# ANÁLISE NO DOMÍNIO DA FREQUÊNCIA

- O uso de um filtro passa-baixo com uma frequência de corte em torno de 12,5 Hz é necessário para garantir que as atividades musculares residuais não interfiram na atividade beta dos EEGs
- No entanto, isso não é desejável na maioria das gravações, pois a verdadeira atividade beta e a atividade do tipo pico também serão atenuadas ou até obscurecidas. Caso a interferência do ruído da fonte externa seja persistente, será necessário incorporar alguma forma de filtragem
- Um filtro notch adaptativo, que permite que todas as frequências passem com exceção das frequências na faixa estreita do ruído interferente, geralmente é preferível a um simples filtro passa-baixo
- Por outro lado, um filtro passa-banda pode ser aplicado para filtrar a atividade muscular de baixa frequência e a interferência de alta frequência da instrumentação para extrair o sinal de EEG puro

- O método principal de extração de características de EEG no domínio de Fourier é a avaliação da potência de frequências específicas nos espectros de potência do sinal
- Um espectro de frequência completo durante um segmento de 1s é mostrado na Figura
- O espectro de frequências do sinal EEG pode ser facilmente calculado utilizando o DFT da função de correlação EEG



# ANÁLISE NO DOMÍNIO DO TEMPO

- A detecção de artefato no domínio do tempo geralmente é baseada nos limiares de amplitude determinados empiricamente
- Um artefato é geralmente definido como a amplitude instantânea do EEG que excede um limite que é pelo menos seis vezes a amplitude média da gravação nos 10s anteriores
- Os sinais elétricos originários dos músculos geralmente apresentam uma inclinação mais acentuada do que o sinal médio do EEG
- O uso do limiar da inclinação ou do declive pode ser usado para minimizar a influência desses tipos de artefatos musculares
- A inclinação de uma curva é encontrada estimando a primeira derivada do sinal
- As derivadas de primeira e segunda ordem da inclinação também são usadas para formar uma medida de complexidade a partir do sinal EEG

- A medida da coerência entre os canais pode revelar detalhes sobre a eficiência das funções cerebrais
- Um método comum de análise de sincronicidade de EEG é alcançado comparando-se os registros dos eletrodos no cérebro esquerdo com os eletrodos correspondentes no cérebro direito
- Uma ferramenta poderosa para esse tipo de comparação é a média, limitada por estímulos específicos como ERPs

# ANÁLISE NO DOMÍNIO WAVELET

- As técnicas de wavelets são normalmente usadas para a detecção de padrões de forma de onda conhecidos contra um sinal de fundo ruidoso
- Uma das principais aplicações da análise de wavelets é o processamento do EEG através da detecção de padrões epiléticos
- Adetecção do padrão epilético é particularmente preocupante porque, na maioria dos casos epiléticos suspeitos, esses padrões aparecem aleatoriamente e apenas por breves períodos de tempo
- Devido à ocorrência pouco frequente desses padrões, a análise de Fourier pode perder esses padrões
- Além disso, como os padrões desses picos são frequentemente conhecidos de antemão, pode-se projetar um método wavelet para não apenas detectar a existência desse padrão, mas também identificar o tempo exato da ocorrência desses padrões anormais

- Uma questão importante na análise wavelet do EEG é a escolha do comprimento do trecho de análise
- Ao analisar um único trecho, o número total de sequências disponíveis influencia diretamente no padrão do período testado
- Essa influência é devida à intercorrelação não confiável entre sequências adjacentes
- Recomenda-se duração de época de 1 a 2s para o processamento de EEG
- Essa duração garante uma estabilidade generalizada nos recursos de dados
- Isso é ainda mais importante ao usar baixas frequências de amostra.



- Wavelet também é útil na determinação da sincronia
- Especificamente, a determinação do atraso exato entre dois padrões pode identificar quantitativamente o nível de sincronia das duas ondas
- A análise wavelet também pode ser usada para denoising e filtragem do sinal EEG
- Frequentemente, as escalas muito baixas, isto é, as altas frequências, identificam o ruído aditivo e, removendo os componentes de baixa escala, o sinal pode ser filtrado