

Dados de Eletroencefalograma (EEG) tem, em sua natureza, um grande volume, variadas frequências que o compõe α (8-13Hz), β (14-30Hz), θ (4-7Hz), σ (0.5-3Hz) (KHAITAMI et al., 2019), um número extremamente alto de fontes emissoras (os neurônios) assim como múltiplas possíveis interferências eletromagnéticas (telefones celulares, motores elétricos, campos magnéticos providos de fios, etc.) Esse trabalho se propõe, baseado nas mais recentes pesquisas que incluem visualização de EEG, propor formas efetivas de mostrar, detalhar e sintetizar essas informações de forma que as imagens geradas sejam de alguma ajuda na pesquisa.



De acordo com (KLEM; AL., 1999) os eletrodos responsáveis pela captação do sinal devem ser dispostos segundo um espaçamento de 20% do tamanho da cabeça do paciente respeitando-se uma 'margem' de 10% em relação ao *nasion*, *inion* e ao ponto pré-auricular.

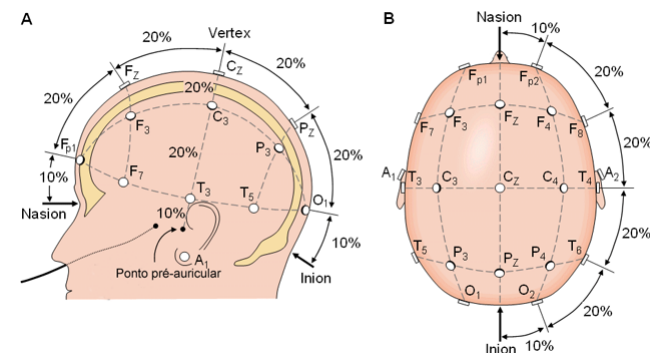


Figura: Ilustração do sistema 10-20 fonte: (VICENTE, 2023)



A princípio a base de dados usada será a *Open access database of EEG signals recorded during imagined speech* (CORETTO; GAREIS; RUFINER, 2017) para testes preliminares e desenvolvimento dos algoritmos de filtragem e análise dos sinais.

Este banco de dados contém as gravações de EEG durante a pronúncia imaginada de vogais e comandos, bem como EEG e gravações de áudio durante a pronúncia de vogais e comandos. A amostra é composta por 15 voluntários argentinos entre 24 e 28 anos de idade, de ambos os sexos; sendo 7 mulheres e 8 homens. O objetivo do banco de dados é permitir a acessibilidade dos registros de EEG durante a fala imaginada para futuras pesquisas voltadas para o desenvolvimento de dispositivos BCI que permitam a classificação de palavras a partir de sua imaginação. (CORETTO; GAREIS; RUFINER, 2017)



A base está estruturada de forma que cada linha corresponda a um sujeito sendo que, em cada linha, os dados se organizam do seguinte modo:

F3, F4, C3, C4, P3, P4 são as identificações de cada eletrodo.

- ▶ F3 - 0:4095
- ▶ F4 - 4096:8191
- ▶ C3 - 8192:12287
- ▶ C4 - 12288:16383
- ▶ P3 - 16384:20479
- ▶ P4 - 20480:24575
- ▶ modalidade - 24576:24576
- ▶ estímulo - 24577:24577

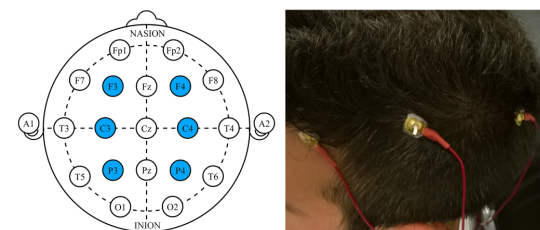


Figura: Colocação dos sensores: Nota-se que apenas uma parcela do sistema 10-20 de colocação dos sensores foi utilizada. Fonte: (CORETTO; GAREIS; RUFINER, 2017)



Base de dados

Amostra dos dados na base

A modalidade pode ser: 1 - Imaginada, 2 - Pronunciada.

O valor do estímulo pode se encaixar em uma das categorias por vez:

- ▶ Letras: 1 - A, 2 - E, 3 - I, 4 - O, 5 - U
- ▶ Comandos: 6 - Arriba, 7 - Abajo, 8 - Adelante, 9 - Atrás, 10 - Derecha, 11 - Izquierda

Na pesquisa pretende-se gerar uma base própria em parceria com as instituições de saúde da cidade.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...
0	-45.027295	-44.902287	-44.495685	-43.828843	-42.930203	-41.833993	-40.578754	-39.205796	-37.757699	-36.276644	...
1	-10.482894	-9.311390	-8.069559	-6.784121	-5.482265	-4.190737	-2.934883	-1.737725	-0.619207	0.404488	...
2	29.254169	28.537506	27.732951	26.864038	25.959221	25.050858	24.173944	23.364693	22.658914	22.090382	...
3	20.516124	19.929198	19.218417	18.392212	17.465399	16.458635	15.397435	14.310845	13.229902	12.185891	...
4	-5.097755	-5.770929	-6.527508	-7.369527	-8.296717	-9.306164	-10.392103	-11.545732	-12.755099	-14.005145	...
...
683	20.776462	21.249038	21.844552	22.558554	23.379841	24.290637	25.267153	26.280516	27.298048	28.284797	...
684	7.054769	7.039320	7.049230	7.079761	7.126160	7.184204	7.250641	7.323584	7.402738	7.489561	...
685	2.071435	2.343421	2.726060	3.209852	3.780173	4.418085	5.101340	5.805475	6.505064	7.174842	...
686	-11.204902	-11.467989	-11.691680	-11.880146	-12.036192	-12.161035	-12.254149	-12.313226	-12.334364	-12.312443	...
687	-1.571957	-1.814884	-2.240675	-2.819675	-3.515513	-4.287240	-5.091722	-5.886054	-6.629877	-7.287520	...

Figura: Primeiras colunas da base de dados

Amostra dos dados na base

Pré-processamento

...	24569	24570	24571	24572	24573	24574	24575	24576	24577	24578
...	26.359719	25.260140	24.151324	23.092276	22.140159	21.347616	20.760296	1.0	9.0	2.0
...	-6.613661	-6.842419	-7.089494	-7.353440	-7.631651	-7.920954	-8.218081	1.0	11.0	2.0
...	-7.599078	-8.424428	-9.183207	-9.845966	-10.388099	-10.790734	-11.041316	1.0	9.0	2.0
...	14.119956	13.507964	12.736278	11.814361	10.760473	9.600974	8.369264	1.0	8.0	2.0
...	-12.909528	-12.038187	-11.221590	-10.498695	-9.905959	-9.475264	-9.231932	1.0	11.0	2.0
...
...	-0.111416	0.975065	1.833694	2.449819	2.817991	2.941838	2.833562	1.0	4.0	1.0
...	40.836727	41.055821	41.298617	41.573870	41.890841	42.258662	42.685654	1.0	2.0	1.0
...	-6.096871	-8.136745	-10.007141	-11.671469	-13.100744	-14.274493	-15.181258	1.0	3.0	2.0
...	12.364592	11.908984	11.384433	10.802266	10.172038	9.501039	8.794078	1.0	1.0	2.0
...	0.951228	0.148025	-0.692121	-1.564288	-2.462504	-3.379946	-4.309173	1.0	5.0	2.0

Figura: Últimas colunas da base de dados

Objetivando facilitar a manipulação dos dados foram criados os agrupamentos mostrados na figura 3.

	F3	F4	G3	G4	P3	P4	Modalidade	Estímulo	Artefatos
0	[46.0272951371338, -44.90228619666974, -44.4956851371338, -43.131941456247525, -43.8288431371338, -42.9302031371338, -41.8339931371338, -40.5787541371338, -39.2057961371338, -37.7576991371338, -36.2766441371338, ...]	[42.88673441131802, -40.70818433782669, -47.0012588534088582, -7.311389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, ...]	[49.081541886780045, -48.70818433782669, -47.0012588534088582, -7.311389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, ...]	[25.96819622975463, -26.706540702987603, -27.0012588534088582, -7.311389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, ...]	[25.55186565945796, -26.19597534183969, -26.19597534183969, -26.19597534183969, -26.19597534183969, -26.19597534183969, -26.19597534183969, -26.19597534183969, -26.19597534183969, -26.19597534183969, -26.19597534183969, ...]	[16.608480259692328, -17.409928194632304, -18.0012588534088582, -7.311389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, ...]	1.0	9.0	2.0
1	[10.48289351611804, -9.311389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, ...]	[8.607144876748036, -7.51533683751907, -6.331389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, ...]	[10.615747285195177, -9.012588534088582, -7.311389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, ...]	[11.151471861119817, -10.131651675975537, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, ...]	[16.492283434889245, -16.493624120757133, -16.493624120757133, -16.493624120757133, -16.493624120757133, -16.493624120757133, -16.493624120757133, -16.493624120757133, -16.493624120757133, -16.493624120757133, -16.493624120757133, ...]	[9.593184540158994, -9.443670181177227, -9.121389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, -8.011389950651217, ...]	1.0	11.0	2.0
2	[29.254169285191605, 28.53750632917768, 27.7329511371338, 26.8640381371338, 25.9592211371338, 25.0508581371338, 24.1739441371338, 23.3646931371338, 22.6589141371338, 22.0903821371338, 21.5208501371338, ...]	[38.6208778575885, 38.61044263420551, 38.61044263420551, 38.61044263420551, 38.61044263420551, 38.61044263420551, 38.61044263420551, 38.61044263420551, 38.61044263420551, 38.61044263420551, 38.61044263420551, ...]	[13.2054817769838, 12.0816770671132, 10.959451371338, 9.6009741371338, 8.3692641371338, 7.13843993446792, 5.9392931371338, 4.739807221949882, 3.539807221949882, 2.339807221949882, 1.139807221949882, ...]	[18.69717619728652, 19.274348000422525, 19.931389950651217, 18.69717619728652, 18.69717619728652, 18.69717619728652, 18.69717619728652, 18.69717619728652, 18.69717619728652, 18.69717619728652, 18.69717619728652, ...]	[7.153843993446792, 6.2030593017795, 5.2362931371338, 4.2362931371338, 3.2362931371338, 2.2362931371338, 1.2362931371338, 0.2362931371338, -0.763706862866168, -1.763706862866168, -2.763706862866168, ...]	[10.66100328893896, 10.316621167511502, 9.9701389950651217, 9.62931389950651217, 9.28801389950651217, 8.94671389950651217, 8.60541389950651217, 8.26411389950651217, 7.92281389950651217, 7.58151389950651217, 7.24021389950651217, ...]	1.0	9.0	2.0
3	[20.51612432799457, 19.929198299796106, 19.2184171371338, 18.3922121371338, 17.4653991371338, 16.4586351371338, 15.3974351371338, 14.3108451371338, 13.2299021371338, 12.1858911371338, 11.1418801371338, ...]	[17.1059887215861, 16.7202998498930846, 16.08591371338, 15.08591371338, 14.08591371338, 13.08591371338, 12.08591371338, 11.08591371338, 10.08591371338, 9.08591371338, 8.08591371338, ...]	[5.408977135437583, 4.9897770686504485, 4.45741371338, 3.9897770686504485, 3.5155131371338, 3.0303351241006156, 2.5551131371338, 2.080002458934, 1.6048801371338, 1.12975981371338, 0.6545691371338, ...]	[11.562747054462589, 11.708945264789386, 11.621389950651217, 10.562747054462589, 9.562747054462589, 8.562747054462589, 7.562747054462589, 6.562747054462589, 5.562747054462589, 4.562747054462589, 3.562747054462589, ...]	[5.739807221949882, 5.624339796526538, 5.388611371338, 5.2362931371338, 5.08401389950651217, 4.92931389950651217, 4.77461389950651217, 4.61991389950651217, 4.46521389950651217, 4.31051389950651217, 4.15581389950651217, ...]	[9.708160257114608, 9.587496324335973, 9.253101371338, 8.94671389950651217, 8.60541389950651217, 8.26411389950651217, 7.92281389950651217, 7.58151389950651217, 7.24021389950651217, 6.89891389950651217, 6.55761389950651217, ...]	1.0	8.0	2.0
4	[5.097754669221089, -5.770928813671626, -6.521389950651217, -7.002213340085349, -7.921389950651217, -8.841389950651217, -9.761389950651217, -10.681389950651217, -11.601389950651217, -12.521389950651217, -13.441389950651217, ...]	[6.131912881669465, -7.002213340085349, -7.921389950651217, -8.841389950651217, -9.761389950651217, -10.681389950651217, -11.601389950651217, -12.521389950651217, -13.441389950651217, -14.361389950651217, -15.281389950651217, ...]	[3.0303351241006156, -3.1053122748990125, -3.1803122748990125, -3.2553122748990125, -3.3303122748990125, -3.4053122748990125, -3.4803122748990125, -3.5553122748990125, -3.6303122748990125, -3.7053122748990125, -3.7803122748990125, ...]	[0.53054417784955, -0.7941560501285959, -1.121389950651217, -1.4486050501285959, -1.7759150501285959, -2.1032250501285959, -2.4305350501285959, -2.7578450501285959, -3.0851550501285959, -3.4124650501285959, -3.7397750501285959, ...]	[3.219428974753273, 2.96058002458934, 2.69719981371338, 2.43380981371338, 2.17041981371338, 1.90702981371338, 1.64363981371338, 1.38024981371338, 1.11685981371338, 0.85346981371338, 0.59007981371338, ...]	[4.421831032863709, 4.5117159237299, 4.5935151371338, 4.6753151371338, 4.7571151371338, 4.8389151371338, 4.9207151371338, 5.0025151371338, 5.0843151371338, 5.1661151371338, 5.2479151371338, ...]	1.0	11.0	2.0

Figura: Dados tratados e agrupados

Visualização usada em (CURREY et al., 2023)

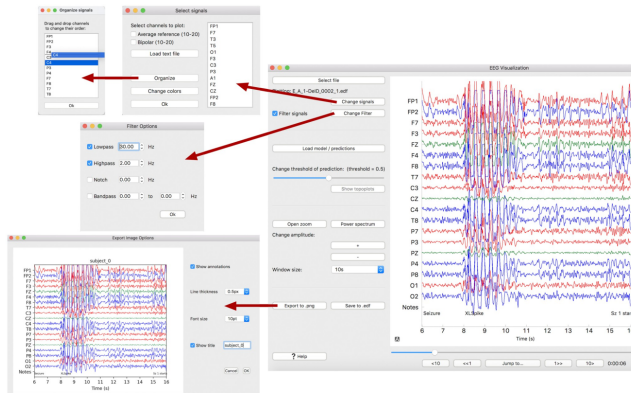


Figura: EPviz - Visualização por gráficos de linhas

A visualização por linhas é eficiente pois nela fica claro os componentes de alta e baixa frequência. No exemplo ao lado o programa EPviz visualiza os sinais captados por todos os eletrodos fornecendo uma boa visão geral. No entanto falta a visão em detalhe que permitiria uma análise mais exata das curvas mostradas.



Visualização usada em (FANG; YAO; QIAN, 2019)

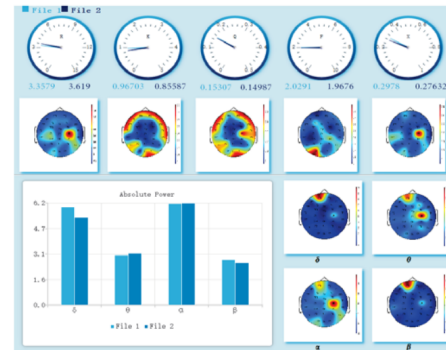


Figura: Visualização topológica

A metodologia mostrada neste trabalho usa mapas topológicos de cores para indicar a energia do sinal em cada sensor, dessa forma é possível ver as regiões do cérebro com atividade mais intensa no tempo do sinal correspondente, também é interessante a marcação dos identificadores de cada sensor, no entanto, a visualização faz uma interpolação dos valores medidos levando a uma interpretação não necessariamente verdadeira de que as intensidades variam segundo gradientes.



Visualização usada em (KHAITAMI et al., 2019)

Aqui novamente o problema do gradiente ocorre, porém é importante notar a simplificação na visualização que mostra o estado da atividade cerebral em quatro diferentes momentos do cérebro.

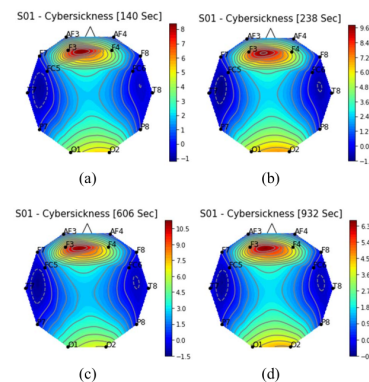


Figura: Visualização topológica



Proposta

Construir uma visualização que, além dos gráficos de linha e energia, remeta ao posicionamento dos eletrodos no sistema 10-20 **sem** o uso de gradientes e que permita:

- ▶ selecionar o sujeito e estímulo (interatividade)
- ▶ visualizar de forma geral e particular cada um dos sinais captados pelos sensores (interatividade)
- ▶ exibir a origem do sinal
- ▶ ampliar as curvas geradas (visualizar detalhes)
- ▶ mostrar o energia total do sinal no intervalo mostrado
- ▶ uso de cores com alto contraste (percepção)

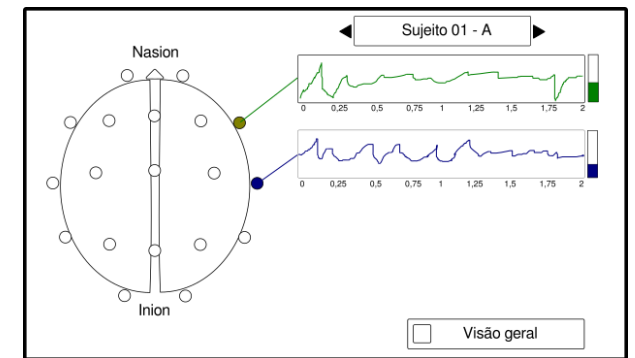


Figura: Visão geral



Proposta

Construir uma visualização que, além dos gráficos de linha e energia, remeta ao posicionamento dos eletrodos no sistema 10-20 **sem** o uso de gradientes e que permita:

- ▶ selecionar o sujeito e estímulo (interatividade)
- ▶ visualizar de forma geral e particular cada um dos sinais captados pelos sensores (interatividade)
- ▶ exibir a origem do sinal
- ▶ ampliar as curvas geradas (visualizar detalhes)
- ▶ mostrar o energia total do sinal no intervalo mostrado
- ▶ uso de cores com alto contraste (percepção)

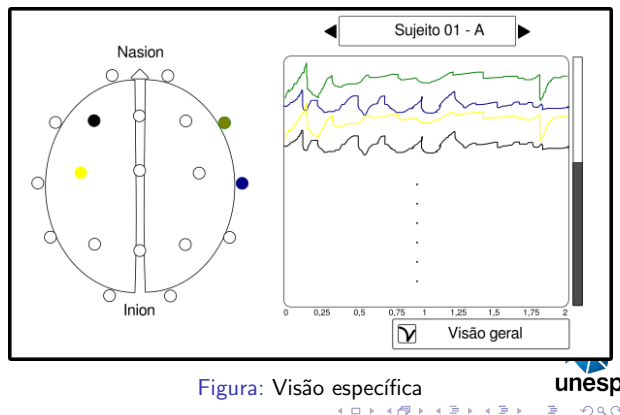



Figura: Visão específica

Discussão da proposta I

Tanto a **seleção do sujeito e estímulo** quanto o a caixa e checagem fazem parte do **ciclo de visualização** (loop), dessa forma, ao mudar o tipo de visão e/ou o sujeito analisado se tem uma resposta imediata na visualização.

As cores de **alto contraste** permitem localizar a origem dos dados facilmente evitando um problema comum que é a diferenciação dos dados quando cores muito similares são usadas.

A **ampliação** permite que cada sinal possa ser visto em **detalhes**, dessa forma, fica mais fácil visualizar as informações vinculadas aos sinais de baixa e alta frequência proporcionando a identificação de **objetos segundo sua "silhueta"**.

Vale destacar que os atributos usados na proposta tem uma ordenção **sequencial** para a amplitude e frequência dos sinais durante o tempo (gráficos de linha) e ao mesmo tempo é **categorico** pois a análise das frequências podem dizer muito sobre o sujeito 

Discussão da proposta II

que está sendo analisado.

O atributo de energia (barra vertical lateral ao gráfico de linhas) é **quantitativo**.

Em se tratando de atributos **categoricos** vale destacar também a região à direita dos gráficos. Essa seção indica quais regiões do cérebro estão enviando quais sinais, dessa forma, é possível, por exemplo, inferir quais regiões do cérebro estão mais ativas quando da execução de algum pensamento e/ou ação.

Nota-se a **proximidade** utilizada da barras laterais com seus respectivos gráficos de linha.

Em termos de **categorias semióticas** (SANTAELLA, 2017) é possível destacar:

- ▶ primeiridade: Cores que destacam e chamam imediatamente a atenção do usuário ou usuária.



Discussão da proposta III

- ▶ secundidade: O conjunto ação/reação aplicado aos controles e imagens.
- ▶ terceiridade: A consequente interpretação da imagem apresentada assim como os raciocínios necessários para o entendimento do que é mostrado.







Ao passo do avanço e conclusão da pesquisa objetiva-se modificar a atual proposta de forma que a mesma exiba de forma **hierárquica** a decomposição das ondas captadas em suas respectivas componentes ($\alpha, \beta, \theta, \sigma$) assim como as **categorias** e **classes** nas quais cada sinal se enquadra.

Para ter acesso ao código fonte acesse:
<https://github.com/ensismoebius/VisualizacaoDeInformacao>

De nada ;)






Referências I

-  CORETTO, G. A. P.; GAREIS, I. E.; RUFINER, H. L. Open access database of eeg signals recorded during imagined speech. In: . [S.l.: s.n.], 2017.
-  CURREY, D. et al. Epviz: A flexible and lightweight visualizer to facilitate predictive modeling for multi-channel eeg. *Plos one*, Public Library of Science San Francisco, CA USA, v. 18, n. 2, p. e0282268, 2023.
-  FANG, Z.; YAO, L.; QIAN, Z. Research on multi-parameter visualization technology of brain function based on eeg. In: *2019 International Conference on Medical Imaging Physics and Engineering (ICMIPE)*. [S.l.: s.n.], 2019. p. 1–4.
-  KHAITAMI et al. Eeg visualization for cybersickness detection during playing 3d video games. In: *2019 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)*. [S.l.: s.n.], 2019. p. 325–330.



Referências II

-  KLEM, H. O. L. G. H.; AL., H. H. J. et. The ten-twenty electrode system of the international federation. the international federation of clinical neurophysiology. *Electroencephalography and clinical neurophysiology. Supplement*, v. 52, 1999.
-  SANTAELLA, L. *O que é semiótica*. [S.l.]: Brasiliense, 2017.
-  VICENTE, E. *Sistema 10-20 para localizar alvos terapêuticos em EMT*. 2023. Disponível em: <https://www.kandel.com.br/post/como-localizar-os-pontos-de-estimulacao-para-estimulacao-magnetica-transcraniana>).

