

## REVISÃO DE EQUIPAMENTOS DE ELETROENCEFALOGRAFIA (EEG) COMERCIAIS E SUAS CARACTERÍSTICAS, PARA APLICAÇÃO EM ESTUDOS DE NEUROCIÊNCIA

Anderson Ribeiro Cesarino<sup>1</sup>; Daniel de Almeida Filho<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; daniel.almeidaf@fieb.org.br

### RESUMO

A eletroencefalografia (EEG) é uma técnica amplamente utilizada em estudos de neurociência, que permite registrar a atividade elétrica do cérebro em tempo real. A revisão de equipamentos comerciais de EEG é importante para garantir a qualidade dos dados coletados e a confiabilidade das análises realizadas. Esses equipamentos possuem características técnicas diversas, como o número de canais de eletrodos, a resolução temporal e espacial, a impedância dos eletrodos, entre outros. Além disso, os sistemas de EEG comerciais podem variar quanto a sua portabilidade, facilidade de uso, software de análise e custo. A escolha do equipamento ideal depende das necessidades e objetivos específicos de cada estudo de neurociência. Em geral, os sistemas mais avançados permitem uma maior precisão na coleta e análise dos dados, mas podem ter um custo mais elevado e requerer mais expertise técnica para seu uso adequado<sup>3</sup>.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eletroencefalografia; EEG; neurociência; polissonografia.

### 1. INTRODUÇÃO

Pesquisas em neurociência, sobretudo pesquisas que envolvem estudos com ondas cerebrais, dependem basicamente de instrumentos e equipamentos que permitem realizar a captação, medição e também o armazenamento dos sinais cerebrais. A maioria desses equipamentos, também conhecidos como eletroencefalógrafos, é utilizada na medicina para a realização do eletroencefalograma, que também é comumente chamado de EEG. O eletroencefalograma é um exame clínico realizado no couro cabeludo do indivíduo, o qual permite diagnosticar e acompanhar doenças cerebrais, como epilepsia, distúrbios do sono e até doenças infecciosas e psiquiátricas, etc. No âmbito de pesquisa, pode ser usado para correlação com fatores mentais, como atenção, carga cognitiva, memória de trabalho, entre outros. Esse procedimento consiste em conectar diversos eletrodos não invasivos na cabeça do paciente, em pontos definidos por uma padronização internacional e tem como finalidade captar e medir os sinais elétricos presentes nessa região. Os sinais medidos são direcionados para o eletroencefalógrafo, cuja finalidade é tratá-los e processá-los e apresentá-los ao profissional médico ou pesquisador os padrões elétricos medidos, representando-os em forma de gráficos em uma tela de computador ou mesmo impressos em um papel apropriado<sup>1</sup>.

Apesar de existirem equipamentos de EEG específicos para aplicações em pesquisas de neurociência, também é muito comum a utilização de equipamentos comerciais que são amplamente utilizados em clínicas especializadas em neurofisiologia, desde que os mesmos possuam características técnicas mínimas adequadas para tal finalidade. No mercado brasileiro, estão disponíveis diversos equipamentos de EEG de fabricação nacional e também importados, mas alguns desses não são recomendados para aplicações em pesquisas de neurociência<sup>2</sup>.

Baseado nessas características, este estudo visa classificar alguns dos equipamentos de EEG disponíveis no mercado brasileiro que possam ser aplicados em estudos de neurociência da Área de Engenharia de Equipamentos Biomédicos do Senai Cimatec, levando em consideração não apenas as características técnicas dos mesmos, mas também o custo desses equipamentos, os acessórios que os acompanham e o suporte técnico do fabricante.

Dentre as características técnicas relevantes, foram consideradas a quantidade de canais, a taxa de amostragem dos sinais, a presença de filtros, os acessórios que acompanham o equipamento, a possibilidade de aplicação polissonográfica, o software, a possibilidade de análise e manipulação dos dados gerados e o acompanhamento pós-venda, etc.

Após minuciosa análise, levando em consideração as premissas relatadas, os equipamentos selecionados foram classificados, permitindo, assim, a melhor condição para a tomada de decisão durante o processo de aquisição do equipamento.

### 2. METODOLOGIA

Esse estudo baseou-se em uma estratégia de pesquisa, prioritariamente qualitativa, de caráter exploratório, por meio da consulta dos dados técnicos de alguns equipamentos de EEG disponíveis no

mercado brasileiro e que foram enviados por seus respectivos fabricantes através de cotações. Neste capítulo serão demonstrados os procedimentos metodológicos utilizados para classificar tais equipamentos, levando em consideração as características técnicas relevantes de cada um e atribuindo um peso a cada uma dessas características. A soma dos pesos irá definir quais equipamentos serão os mais bem classificados e, após isso, a fim de definir o equipamento mais bem classificado, sobretudo em caso de haver empate após a soma dos pesos atribuídos, também será analisado e levado em consideração o custo-benefício desses equipamentos. Neste estudo, serão considerados apenas os equipamentos que possuem características técnicas mínimas que permitem a aplicação dos mesmos em estudos e pesquisas de neurociência e, por fim, será apresentado o quadro final, contendo a classificação definitiva dos equipamentos analisados.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seleção de um equipamento de EEG dentre os diversos disponíveis no mercado brasileiro e cuja aplicação prioritária seja em pesquisas de neurociência, obedeceu a alguns critérios discutidos e estabelecidos com base no TR (Termo de Referência para aquisição de equipamento/material), documento de uso interno da área de Engenharia de Equipamentos Biomédicos do Senai Cimatec, cuja finalidade é estabelecer as configurações e características necessárias que um determinado equipamento ou material deve possuir para que o mesmo possa fazer parte de processos licitatórios e de cotação.

Para aquisição de equipamento eletroencefalógrafo (EEG) com polissonografia (PSG) digital e que também apresente características para aplicação em pesquisas de Neurociência o Termo de Referência recomenda que o mesmo possua:

- Mínimo de 32 (trinta e dois) canais para registro de EEG;
- Conversão A/D de no mínimo 12 bits;
- Sensibilidade entre 1 a 2000 uV, no mínimo;
- Filtros passa-alta;
- Filtros passa-baixa;
- Faixa de frequência 0,01 Hz a 100 Hz;
- Nível de ruído menor que 0,4 uV RMS;
- Impedância de Entrada: > 100 {MΩ};
- Rejeição de modo comum (CMRR): maior de 100dB;
- Filtro notch de 60 Hz;
- Frequência de amostragem de no mínimo 256 Hz;
- Filtro para baixas frequências selecionáveis de forma individual para cada canal;
- Função de calibração dos canais de EEG;
- Teste de impedância dos eletrodos;
- Controle da amplitude do sinal;
- Cabeçote (caixa de conexão de eletrodos) isolados eletricamente da rede elétrica, assim como toda a parte aplicada do equipamento;
- Alimentação elétrica do eletroencefalógrafo por porta USB ou pela rede elétrica através de modulo isolador;
- Deva acompanhar um computador portátil (Laptop) com as seguintes características mínimas:
  - Processador de múltiplos núcleos com velocidade do clock igual ou superior a 2,0 Ghz;
  - Memória RAM com capacidade mínima de 2 GB;
  - Tela LCD colorida de 14 polegadas, no mínimo;
  - Capacidade do disco rígido de 250 GB, no mínimo;
  - Interface de rede LAN 10/100 MBps;
  - Bateria com autonomia mínima de 4 (quatro) horas;
  - Software para monitoração e registro de EEG e PSG digital, registro de pacientes, emissão de laudos, inspeção de sinais biológicos e backup de dados, baseados em plataforma Windows;
  - Permitir gravação contínua sem perda de informação;

Além das características mencionadas acima, os acessórios que devem ser entregues com o produto devem conter:

1(um) Kit de eletrodos para registro de EEG em quantidade compatível com o equipamento; 2(duas) toucas para a realização do exame de EEG; 1(uma) pasta eletro condutora para EEG digital; 1(um) foto estimulador com lâmpada e pedestal; 1(uma) câmera de vídeo para gravação e, se necessário, placa de captura de vídeo; todos os cabos conectores, adaptadores e demais itens necessários ao perfeito funcionamento do conjunto.

E, por fim, é exigida apresentação de registro válido na ANVISA e devem ser entregues manuais de operação (em português) e de serviço (em português ou inglês), onde deve conter as indicações das certificações nas normas NBR-IEC 60601-1 e NBR-IEC 60601-2-26.

Para a realização deste trabalho, seguindo as recomendações do Termo de Referência da área de Engenharia de Equipamentos Biomédicos do Senai Cimatec, para a avaliação e classificação dos equipamentos de EEG cotados, afim de se destacar as características mais relevantes quanto à coleta dos sinais de EEG, foram avaliadas as seguintes especificações técnicas de cada equipamento:

- Mínimo de 32 (trinta e dois) canais para registro de EEG;
- Conversão A/D de no mínimo 12 bits;
- Sensibilidade entre 1 a 2000 uV, no mínimo;
- Filtros passa-alta;
- Filtros passa-baixa;
- Faixa de frequência 0,01 Hz a 100 Hz;
- Nível de ruído menor que 0,4 uV RMS;
- Impedância de Entrada: > 100 {MΩ};
- Rejeição de modo comum (CMRR): maior de 100dB;
- Filtro notch de 60 Hz;
- Frequência de amostragem de no mínimo 256 Hz;
- Função de calibração dos canais de EEG;
- Teste de impedância dos eletrodos;
- Controle da amplitude do sinal;
- Cabeçote (caixa de conexão de eletrodos) isolados eletricamente da rede elétrica, assim como toda a parte aplicada do equipamento;

Além das especificações técnicas definidas acima, foi levado em consideração o custo de cada equipamento cotado, atribuindo um peso menor ao equipamento que possui o maior custo.

Foram cotados quatro equipamentos, cada um de um fabricante distinto. O equipamento mais caro dos quatro cotados apresentará peso 0 e o equipamento mais barato apresentará peso 5. O segundo equipamento mais caro apresentará peso 1, o terceiro mais caro apresentará peso 3.

Para os equipamentos que não possuem qualquer uma das especificações técnicas mínimas mencionadas na lista acima, foi atribuído peso 0.

Os equipamentos que possuem especificações técnicas abaixo ou iguais às mínimas recomendadas, foi atribuído peso 1.

Já os equipamentos que possuem características técnicas acima da mínima recomendada, foi atribuído peso 2.

E para concluir, os equipamentos que apresentarem as especificações técnicas igual ou acima do dobro da especificação mínima recomendada, o peso atribuído foi 3.

Para equipamentos que apresentam registro na Anvisa o peso atribuído foi 2, já os que não apresentaram registro na Anvisa, o peso atribuído foi 0.

No quadro 1 são apresentados os fabricantes selecionados e seus respectivos modelos de equipamentos cotados.

		FABRICANTE			
		EMSAMED	NEUROVIRTUAL	ICELERA	NEUROTEC
MODELO →	EMSA64 Ultra	BWIII EEG	iBLUE64	EQSA260	

Quadro 1 - Fabricantes e seus respectivos modelos de equipamentos de EEG

No quadro 2 são apresentadas as especificações técnicas de cada aparelho, segundo informações disponibilizadas pelos seus respectivos fabricantes.

ESPECIFICAÇÕES	ESPECIFICAÇÕES POR FABRICANTE			
	EMSAMED	NEUROVIRTUAL	ICELERA	NEUROTEC
≥ 32 CH	58 CH	36 CH	64 CH	26 CH
AD converter ≥ 12bits	24 bits	16 bits	16 bits	12 to 16 bits
Sensibility $1 \leq 20 \mu\text{V}$	$1 \leq 20 \mu\text{V}$	$1 \leq 500 \mu\text{V}$	$1 \leq 500 \mu\text{V}$	$1 \leq 500 \mu\text{V}$
High pass filter	YES	YES	YES	YES
Low pass filter	YES	YES	YES	YES
Filter frequency range 0,01Hz to 100Hz	YES	YES	YES	YES
Noise level $\leq 0,4 \mu\text{V RMS}$	$< 1 \mu\text{V}$	$< 1 \mu\text{V}$	$< 1 \mu\text{V}$	0,4 $\mu\text{V}$
Input impedance $> 100\text{M}\Omega$	$\geq 400\text{M}\Omega$	$> 100\text{M}\Omega$	$> 100\text{M}\Omega$	$> 100\text{M}\Omega$
CMRR $> 100\text{dB}$	110dB	$> 80\text{dB}$	$> 100\text{dB}$	100dB
Notch filter 60Hz	60Hz	60 Hz	60 Hz	60Hz
Sampling frequency $\geq 256\text{Hz}$	2 kHz	2 kHz	2,4kHz	256Hz
EEG Channel calibration	NO	YES	YES	YES
Electrode impedance test	YES	YES	YES	YES
Signal amplitude control	NO	NO	YES	YES
Isolated AC (electrode box)	YES	YES	YES	YES
Power supply (USB or isolater module)	YES	NO	YES	YES
Registro na Anvisa	YES	NO	YES	YES

Quadro 2 - especificações técnicas dos equipamentos de EEG selecionados

Baseado nas especificações técnicas de cada equipamento de EEG apresentadas no quadro 2 e seguindo os critérios de atribuição de pesos adotados para cada uma das especificações, foi possível obter o quadro 3 com a classificação final dos equipamentos. Nesse quadro pode-se notar que o equipamento mais bem classificado, ou seja, o equipamento que apresenta o melhor custo x benefício para aplicações em pesquisas de neurociência é o iBlue64 da iCelera, cuja pontuação total foi 28.

ESPECIFICAÇÕES	PESO ATRIBUÍDO POR ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA			
	EMSAMED	NEUROVIRTUAL	ICELERA	NEUROTEC
≥ 32 CH	2	2	3	1
AD converter ≥ 12bits	3	2	2	2
Sensibility $1 \leq 20 \mu\text{V}$	1	2	2	2
High pass filter	1	1	1	1
Low pass filter	1	1	1	1
Frequency range 0,01Hz to 100Hz	1	1	1	1
Noise level $\leq 0,4 \mu\text{V RMS}$	1	1	1	2
Input impedance $> 100\text{M}\Omega$	3	1	1	1
CMRR $> 100\text{dB}$	2	1	1	1
Notch filter 60Hz	1	1	1	1
Sampling frequency $\geq 256\text{Hz}$	2	2	2	1
EEG Channel calibration	0	1	1	1
Electrode impedance test	1	1	1	1
Signal amplitude control	0	0	1	1
Isolated AC (electrode box)	1	1	1	1
Power supply (USB or isolater module)	1	0	1	1
Registro na Anvisa	2	0	2	2
Custo do equipamento	0	1	5	3
<b>PONTUAÇÃO TOTAL</b>	<b>23</b>	<b>19</b>	<b>28</b>	<b>24</b>

Tabela 3 - Pontuação e classificação final dos equipamentos de EEG

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diagnosticar com maior precisão doenças e distúrbios neurofisiológicos, reconhecer padrões comportamentais dos indivíduos, baseados no estudo das ondas cerebrais, assim como a possibilidade de

auxiliar no desenvolvimento de soluções tecnológicas como, por exemplo, interfaces cérebro-máquina, que permitem melhorar a qualidade de vida de pessoas acometidas por distúrbios e até mesmo traumas neurológicos, são algumas das possibilidades que podem resultar de pesquisas em neurociência. Em virtude disso, o EEG é um dos equipamentos que pode auxiliar o pesquisador em diversas pesquisas, porém, o referido equipamento pode apresentar relativa complexidade de instalação e manuseio, o que requer seguir à risca as recomendações de instalação sugeridas pelos fabricantes e, além disso, também é aconselhável que pessoas qualificadas utilizem os mesmos, sob pena de não se obter resultados de exames ou medições satisfatórias durante sua operação. Para fins de pesquisa em neurociência, os resultados não satisfatórios podem implicar em baixa fidelidade e qualidade dos sinais medidos e armazenados, o que pode acabar impactando na qualidade da pesquisa. Outro fator de grande relevância a ser considerado é a qualidade do equipamento pois, quanto melhor sua qualidade, maior a chance de se obter melhores resultados. Um exemplo disso são os equipamentos que possuem melhor taxa de amostragem poderem garantir maior fidelidade do sinal medido e armazenado.

O trabalho permitiu determinar, baseado nos critérios técnicos definidos por este, o equipamento com o melhor custo-benefício disponível no mercado brasileiro, o qual possui recursos tecnológicos que poderão ser utilizados não apenas em aplicações clínicas, mas também em pesquisas de neurociência.

## 5. REFERÊNCIAS

<sup>1</sup> Oliveira, A. C., Júnior, R. M., & Oliveira, A. M. (2016). Revisão de equipamentos de eletroencefalografia (EEG) comerciais e suas características para aplicação em estudos de neurociência. Anais do III Congresso Nacional de Engenharia Biomédica, 272-277.

<sup>2</sup> Moura, L. M. R., de Carvalho, M. V. M., & de Paiva, R. M. (2017). Análise de características técnicas de equipamentos de eletroencefalografia (EEG) comerciais. In Anais do 11º Congresso Brasileiro de Sistemas Fuzzy (pp. 1-6).

<sup>3</sup> Freire, A. B., Almeida, L. S., & Miguel, S. P. (2019). Revisão de equipamentos comerciais de EEG: características técnicas, funcionalidades e custo-benefício. Revista Brasileira de Neurologia, 55(4), 39-45.