

GAMEPAD VII

Seminário de Games e Tecnologia

16 de maio de 2014 - Universidade Feevale

SISTEMA COMPUTACIONAL APLICADO À AQUISIÇÃO DE MEDIDAS NEUROFISIOLÓGICAS

Igor Piffer¹; Anderson Rodrigo Schuh²;
João Batista Mossmann³; Marta Rosecler Bez⁴

Universidade Feevale

RESUMO

O presente artigo justifica o desenvolvimento de uma ferramenta capaz de estruturar e catalogar medidas neurofisiológicas, para fins diversos, tais como, pesquisas voltadas exclusivamente a neurociência, ou ainda como um aparato tecnológico de auxílio em metodologias de avaliação de software e jogos digitais. O desenvolvimento de tal ferramenta necessita de uma base de conhecimentos no domínio da neurociência e também, das tecnologias disponíveis no mercado. A fim de ressaltar a relevância da ferramenta proposta, são apresentados dois trabalhos, de caráter experimental, que utilizam leituras das atividades cerebrais através de eletroencefalograma (EEG), para apoiar e fundamentar suas pesquisas.

Palavras-chave: Metodologias de avaliação de Software. Medidas neurofisiológicas. Neurociência.

ABSTRACT

This paper explains the development of a tool capable of structuring and cataloging neurophysiological measures, for various purposes, such as neuroscience research focused exclusively, or as a technological apparatus to aid in assessment methodologies and software digital games. The development of such a tool requires a basic knowledge in the field of neuroscience and also the technologies available in the market. In order to emphasize the relevance of the proposed tool, two papers, experimental character, using readings of brain activity via electroencephalogram (EEG), to support and substantiate their research are presented.

Keywords: Assessment methodologies Software. Neurophysiological measures. Neuroscience.

¹ Acadêmico de Ciências da Computação. Universidade Feevale.

² Bacharel em Ciência da Computação. Universidade Feevale.

³ Mestre em Ciência da Computação. Universidade Feevale; Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação (PPGIE) – UFRGS.

⁴ Doutora em Informática na Educação. Universidade Feevale.

GAMEPAD VII

Seminário de Games e Tecnologia

16 de maio de 2014 - Universidade Feevale

1 INTRODUÇÃO

Devido à abrangência do uso diário dos mais diversos tipos de sistemas computacionais, é imprescindível que estes possuam interfaces que permitam ao usuário alcançar seus objetivos de forma satisfatória. Para tanto, essas interfaces devem ser avaliadas. Atualmente, existem inúmeras metodologias que postulam a avaliação de *softwares* convencionais e Jogos Digitais e a escolha de uma em detrimento de outra depende das características de cada sistema, bem como, do seu contexto de uso.

Pesquisas atuais, como os trabalhos mencionados neste artigo, apontam resultados promissores ao usarem medidas fisiológicas de usuários, como por exemplo, frequência cardíaca, pressão arterial, condutância da pele, atividade cerebral entre outras, como suporte à avaliação das metodologias tradicionais. As medidas fisiológicas são obtidas, geralmente, através de dispositivos sensoriais eletrônicos.

Neste contexto, a proposta apresentada neste artigo é o desenvolvimento de uma ferramenta capaz de captar e catalogar medidas neurofisiológicas, que são os sinais oriundos da atividade neural, sob a forma de ondas eletromagnéticas. A captação dessas medidas, bem como seu processamento e digitalização, é realizada através de um eletroencefalograma (EEG) de baixo custo, disponível no mercado. A estruturação e catalogação dos sinais obtidos pelo EEG são baseadas no domínio de aplicação da neurociência, que é capaz de caracterizar os padrões das atividades neurais, como, por exemplo, os níveis de atenção de um indivíduo enquanto realiza uma determinada tarefa.

Portanto, a ferramenta proposta poderá apoiar pesquisas voltadas à neurociência, viabilizando, por exemplo, a elaboração de novas metodologias de avaliação de *software* e Jogos Digitais.

Na primeira seção deste artigo, são apresentados alguns conceitos fundamentais sobre neurociência. Na seção seguinte, serão apresentados os conceitos fundamentais de um EEG e seu funcionamento. Ainda nessa seção, são discutidos os principais ritmos cerebrais. Na seção posterior, são apresentadas duas importantes pesquisas envolvendo

GAMEPAD VII

Seminário de Games e Tecnologia

16 de maio de 2014 - Universidade Feevale

o uso de EEG para monitoramento das atividades cerebrais dos participantes. Por fim, a seção final conta com algumas considerações sobre o futuro da ferramenta proposta.

2 ANATOMIA E FISILOGIA DO SISTEMA NERVOSO

O sistema nervoso é o sistema do organismo que sente, pensa e controla. Em outras palavras, ele desempenha três funções principais: a função sensorial, a função integrativa que compreende os pensamentos e a memória, e por fim, a função motora (GUYTON, 1993).

Para realizar essas funções, ele necessita coletar as informações sensoriais oriundas de todo o corpo, por meio de um extenso conjunto de terminações nervosas localizadas, por exemplo, na pele, nos olhos, ouvidos, em tecidos profundos e em tantos outros, e transmiti-las através dos nervos para a medula espinhal e o encéfalo. Por sua vez, a medula espinhal e o encéfalo poderão reagir a essas informações sensoriais, enviando sinais para que algum músculo, por exemplo, realize ou deixe de realizar determinada ação ou resposta motora (GUYTON, 1993).

O sistema nervoso, mais especificamente o cérebro, pode ser estudado de muitas formas diferentes, mas todas igualmente autênticas e importantes. São vários os modos ou níveis de existência do sistema nervoso, cada qual, abordado pelo seu especialista (LENT, 2004).

Os psicólogos, por exemplo, encaram o cérebro como um objeto desconhecido, porém habilitado a gerar comportamentos e consciência. Os neurobiólogos celulares por sua vez, estudam as conexões formadas por trilhões de circuitos intercomunicantes, através dos conjuntos de células do sistema nervoso. Já os neurofisiologistas se concentram em estudar os sinais elétricos que possibilitam a comunicação entre os neurônios. Ainda, são objetos de estudo dos neuroquímicos as reações químicas que ocorrem entre as moléculas dentro e fora das células nervosas. Existem outros pontos de

GAMEPAD VII

Seminário de Games e Tecnologia

16 de maio de 2014 - Universidade Feevale

vista e opiniões sobre o assunto, porém são abordados sob uma ótica não científica (LENT, 2004).

O sistema nervoso é composto por dois componentes principais: o sistema nervoso central (SNC), localizado no crânio e interior da coluna vertebral e o sistema nervoso periférico (SNP), distribuído por todo o organismo. O SNC é formado pelo encéfalo e pela medula espinhal, é onde está localizada a maior parte das células nervosas do organismo. Já o SNP é formado pelos nervos, que são extensas redes de fibras nervosas onde há um número relativamente menor de células nervosas (LENT, 2004).

O encéfalo, componente do SNC, está localizado no interior da caixa craniana, e é a principal região integrativa do sistema nervoso, responsável pelas funções mais complexas do organismo, tais como: armazenamento de memórias, concepção de pensamentos, geração de emoções, entre outros (GUYTON, 1993). Possui forma irregular e sua superfície apresenta dobraduras e saliências, o que permite caracterizar diversas subdivisões funcionais e anatômicas. O encéfalo é composto por três partes: o cérebro, o cerebelo e o tronco encefálico.

Numa primeira análise sobre o aspecto anatômico do cérebro humano, percebe-se que o mesmo divide-se em duas grandes partes justapostas, separadas por um sulco profundo, mais conhecidas como hemisfério esquerdo e hemisfério direito. A comunicação entre os hemisférios cerebrais ocorre em ambas as direções através de feixes de fibras nervosas. Em ambos os hemisférios, é possível notar que toda a superfície do cérebro é enrugada, repleta de giros e sulcos. Essa região é o córtex cerebral, responsável, pelas funções neurais e psíquicas mais complexas. Nas partes mais interiores do cérebro estão abrigados os núcleos basais, que trabalham simultaneamente com o córtex em algumas funções neurais principais e ainda outras que serão abordadas mais adiante neste trabalho (GUYTON, 1993).

O cérebro pode ser dividido ainda, em cinco partes funcionalmente distintas, delimitadas, com certa imprecisão, pelas fissuras (sulcos mais profundos), conforme pode ser visto na Figura 1. Essas divisões são conhecidas como lobos cerebrais, das quais, quatro são maiores e visíveis na superfície do cérebro e uma menor, localizada

GAMEPAD VII

Seminário de Games e Tecnologia

16 de maio de 2014 - Universidade Feevale

profundamente nos hemisférios. Os lobos maiores são: lobo frontal, lobo parietal, lobo occipital e lobo temporal. O lobo menor é a ínsula (GUYTON, 1993).

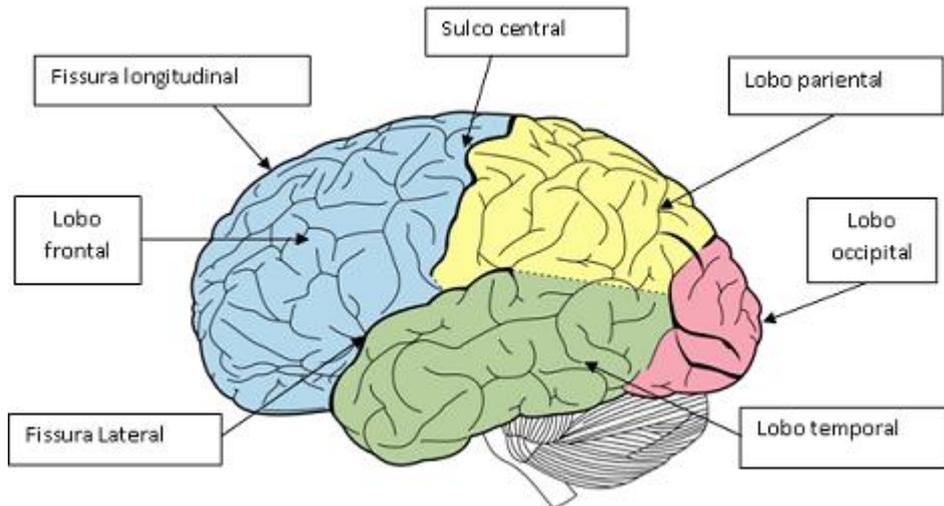


Figura 1 – Sulcos e lobos do córtex cerebral humano
Fonte: SCHUH, 2013

Uma estreita camada de coloração cinzenta recobre toda a superfície do cérebro, fissuras e sulcos – em sua maioria, essa espessura é de 6 mm -, conforme mostra a Figura 2. Essa substância cinzenta é o córtex cerebral e possui essa tonalidade de cor pelo fato de ser formada por uma densa população de células neurais, em quantidades que variam entre 50 e 80 bilhões de unidades. O fato de o córtex cerebral possuir esse formato, repleto de giros, sulcos e fissuras lhe permite ocupar uma área superficial menor (600 cm^2), se comparado à sua área total (1.800 cm^2) (GUYTON, 1993).

A substância branca está presente em todo o cérebro, exceto no córtex e núcleos basais. Ela é pouco provida de células nervosas, porém possui aproximadamente 2 bilhões de fibras nervosas, que originam ou se destinam à substância cinzenta e outras áreas mais profundas do encéfalo e medula espinhal. Os principais feixes de fibras são: o corpo caloso, responsável pela comunicação entre os hemisférios cerebrais, a radiação óptica, que inerva as áreas de comunicação visual e por fim, a capsula interna, responsável pela transmissão dos sinais entre o córtex e medula espinhal. A coloração

GAMEPAD VII

Seminário de Games e Tecnologia

16 de maio de 2014 - Universidade Feevale

branca dessa substância é característica de um componente presente nas fibras nervosas, a bainha de mielina. (GUYTON, 1993).

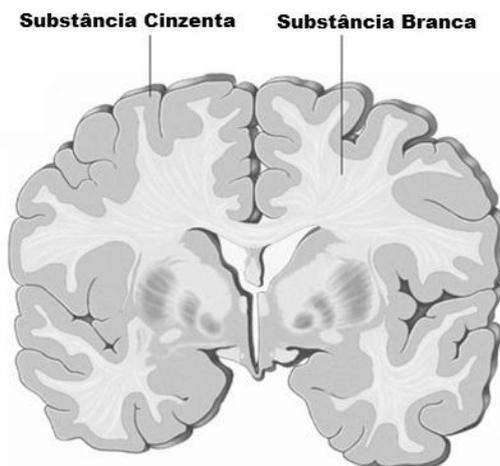


Figura 2 – Substância cinzenta e substância branca
Fonte: JONES, 2013

No interior do cérebro, existem agrupamentos específicos de corpos celulares neuronais, dos quais se destacam os gânglios basais e o tálamo, localizado no diencéfalo. Os três principais componentes que compõem os gânglios basais são: o núcleo caudado, o putame e o globo pálido. Eles estão localizados ao nível da região motora cerebral e agrupados sobre a capsula interna, um dos principais feixes de fibras nervosas do cérebro. Há também uma relação de proximidade entre os gânglios basais e os ventrículos laterais, que são cavidades cheias de líquido no interior do cérebro (GUYTON, 1993).

Uma das principais funções dos gânglios basais, no ser humano, é controlar os movimentos grosseiros de fundo como, por exemplo, os grandes movimentos do tronco ou movimentos mais rígidos dos membros, ao passo que as regiões motoras do córtex cerebral são responsáveis por controlar movimentos mais precisos e minuciosos dos braços, mãos e pés. Essa coordenação precisa e harmoniosa entre os músculos do corpo, durante a maioria das funções motoras, somente é factível devido a um circuito complexo de fibras nervosas, que interconectam o córtex cerebral, os gânglios de base, o tálamo, o subtálamo, o núcleo vermelho a substância negra e o cerebelo. Anatomistas

GAMEPAD VII

Seminário de Games e Tecnologia

16 de maio de 2014 - Universidade Feevale

ainda consideram outros componentes como parte integrante dos gânglios basais, que são o claustró, cuja função ainda é desconhecida e a amígdala, que atua no sistema límbico (GUYTON, 1993).

O diencéfalo, também conhecido como cérebro intermediário, interconecta o cérebro às partes inferiores do encéfalo, embora no ser humano, suas limitações com o cérebro não são precisas, devido ao fato de estar fortemente fundido às partes basais do mesmo. Os dois componentes mais importantes do diencéfalo são o tálamo e o hipotálamo. Ambos são compostos por núcleos múltiplos, responsáveis por controlar importantes funções do sistema nervoso. Além desses dois componentes, o epitálamo e o subtálamo também compõem essa área nuclear (GUYTON, 1993).

Formado por inúmeros núcleos distintos, o tálamo está situado no centro do encéfalo, sobre o topo do mesencéfalo. As informações, em sua maioria, recorrentes da medula espinhal, das partes inferiores do encéfalo e do mesencéfalo, são transmitidas por sinapses no tálamo e então, dirigidas ao córtex cerebral. A comunicação com o córtex cerebral é bidirecional e com tráfego constante de sinais. O tálamo também se comunica com os núcleos basais, servindo como ponte entre eles e o córtex cerebral, em ambos os sentidos da comunicação. Sendo assim, o tálamo é o principal componente de transmissão de sinais do sistema nervoso, direcionando os diferentes tipos de sinais ao seu devido destino no córtex cerebral. Podem ser de diversas naturezas, tais como: sinais somestésicos, visuais, auditivos, motores, entre outros. Pode-se afirmar que sem o tálamo, o córtex cerebral seria inútil (GUYTON, 1993).

O hipotálamo, região diminuta localizada no centro da base do encéfalo, possui uma grande quantidade de vias nervosas de sentido bidirecional, comunicando com o tálamo e também com o mesencéfalo. É responsável por importantes controles do organismo como, por exemplo, controle da temperatura corporal, controle de eletrólitos nos líquidos corporais, produção da sensação de saciedade e secreção de hormônios da hipófise. Esse hormônio desempenha importante papel no metabolismo dos carboidratos, proteínas e gorduras, além de controlar o funcionamento das glândulas sexuais (GUYTON, 1993).

GAMEPAD VII

Seminário de Games e Tecnologia

16 de maio de 2014 - Universidade Feevale

Existem ainda corpos celulares localizados em torno do hipotálamo, que em conjunto com algumas regiões corticais compõe o sistema límbico, o qual é responsável pelas duas atividades mais complexas do cérebro do ser humano: a emoção e a razão. Diante às diversas situações do dia a dia, essas atividades neurais são constantemente ativadas, por vezes, uma se sobressai à outra, além de representarem diferentes mecanismos neurais (LENT, 2004).

As emoções são compostas basicamente por três fatores: sentimentos, de caráter positivo ou negativo, comportamentos, ou seja, atividades motoras características de cada emoção e por fim, ajustes fisiológicos. As emoções negativas como, por exemplo, o medo, estresse e raiva são mais bem compreendidas do que as emoções positivas que em termos de estudos, não possuem uma base neural segura. O corpo celular que é responsável por disparar as emoções é a amígdala. Ela recebe as informações sensoriais internas, provenientes do córtex e do tálamo, realiza uma espécie de filtro para analisar o contexto emocional, e então comanda as regiões responsáveis pelo comportamento e ajustes fisiológicos (no hipotálamo e tronco encefálico) adequados à situação (LENT, 2004).

A razão, assim como a emoção, é caracterizada por operações mentais difíceis de definir e classificar como, por exemplo, o raciocínio, cálculo mental, resolução de problemas, planejamentos, ajustes de comportamento social, entre outros. De modo mais sucinto, um pensamento racional se desenvolve em três momentos. O primeiro deles envolve uma parte do córtex pré-frontal (córtex pré-frontal dorsolateral), onde são armazenadas informações correntes de forma momentânea no caráter de engramas operacionais. Em um segundo momento, essas informações são resgatadas por outra região do córtex pré-frontal (córtex pré-frontal ventromedial), e comparadas com as memórias armazenadas de curto, médio ou longo prazo, como os objetivos de vida, por exemplo. O resultado desta comparação é o planejamento das ações necessárias para concretizar algo em questão. Por fim, a terceira parte envolvida nesse processo, o córtex cingulado anterior, age sobre as duas anteriores, auxiliando na seleção das informações relevantes a cada passo, pois focaliza a atenção cognitiva (LENT, 2004).

GAMEPAD VII

Seminário de Games e Tecnologia

16 de maio de 2014 - Universidade Feevale

Os sinais gerados no sistema límbico e direcionados ao hipotálamo podem alterar uma ou todas as funções internas do organismo, controladas pelo hipotálamo. Já os sinais oriundos do mesencéfalo, com destino ao sistema límbico, podem controlar as funções comportamentais, tais como, o estado de vigília, do sono, da atenção, da ira, entre outros (GUYTON, 1993).

O tecido nervoso do encéfalo, da medula ou ainda dos nervos, partilham de dois tipos básicos de células: os neurônios e os gliócitos. Os neurônios são considerados como as unidades morfofuncionais principais do sistema nervoso. Possuem a capacidade de gerar e transmitir sinais elétricos a um nível elementar, comparado a bits de informação, os quais conseguem codificar tudo o que sentimos e pensamos. Os neurônios por si só não podem realizar as complexas funções cerebrais, para tanto, trabalham em conjuntos específicos, denominados circuitos ou redes neurais (LENT. 2004).

Com relação a sua composição celular, os neurônios possuem os componentes básicos encontrados em qualquer outra célula do organismo como, por exemplo, membrana plasmática, citoplasma, organelas, entre outros. A peculiaridade do neurônio diz respeito a sua morfologia, adaptada para o processamento das informações e a variedade morfológica que ele pode assumir (LENT. 2004). São constituídos de um corpo celular, inúmeros dendritos (expansões profusamente ramificadas por onde a maioria dos sinais oriundos de outros neurônios é receptada), um axônio (também conhecido como fibra nervosa, responsável por conduzir o sinal de um neurônio a outro) e inúmeras terminações axônicas (ramificações do axônio que se conectam aos dendritos de outros neurônios) (GUYTON, 1993).

Os gliócitos são células nervosas responsáveis pelo suporte e isolamento dos neurônios, garantindo a nutrição e a saúde do mesmo. Eles mantêm os neurônios em seus devidos lugares e impedem que os sinais se dispersem. No SNC, o conjunto dessas células recebe o nome de neuroglia, já no SNP recebem o nome de células de Schwann (GUYTON, 1993). Alguns gliócitos específicos desempenham outras funções importantes no sistema nervoso como, por exemplo, a proteção contra agentes nocivos, absorção de

GAMEPAD VII

Seminário de Games e Tecnologia

16 de maio de 2014 - Universidade Feevale

partes degenerativas de neurônios e até mesmo como um arcabouço para regeneração de células nervosas (LENT, 2004).

Uma das principais características que diferenciam os neurônios das demais células é o potencial de ação (PA). Comparado aos bits que compõe a informação usada pelos computadores, o PA é um sinal elétrico de natureza digital e que trafega em altas velocidades. Sendo assim, através de estímulos internos e externos à célula, o PA pode ser emitido, possibilitando ao neurônio a transmissão de informações (LENT, 2004).

O PA ocorre em três etapas distintas, que envolvem uma série de fenômenos bioquímicos. A primeira delas, conhecida como etapa de repouso, ocorre quando o interior da membrana do neurônio possui carga negativa e o exterior da membrana carga positiva, ou seja, ele está polarizado. Quando uma membrana polarizada recebe algum estímulo, desencadeia-se um processo de troca de cargas, onde a membrana interna tende a assumir uma carga positiva ao passo que a membrana externa uma carga negativa. Esta é a fase de despolarização e o seu processo ocorre muito rapidamente. Por fim, a terceira etapa ocorre em questão de poucos décimos de milésimos de segundos após a etapa anterior. Essa etapa dá início a repolarização da membrana, a fim de restabelecer o estado de repouso (GUYTON, 1993)

A propagação do PA nos circuitos ou redes neurais ocorre através dos dendritos e axônio, componentes do neurônio. De uma forma básica, o impulso nervoso chega pelo dendrito, que por sua vez, o direciona até a soma, onde ocorre um novo potencial de ação. A partir deste momento, o impulso elétrico é propagado pelo axônio que leva a informação até os dendritos do próximo neurônio. Vale lembrar, que não há uma conexão física (de uma forma geral) entre o axônio e os dendritos. Entre eles existe uma região conhecida como fenda sináptica e o processo de comunicação entre essas partes chama-se sinapse (GUYTON, 1993).

Na extremidade do axônio existem componentes conhecidos como vesículas sinápticas. Quando estimuladas por um impulso elétrico oriundo do PA, as vesículas sinápticas liberam neurotransmissores que são absorvidos por receptores localizados nos dendritos de outro neurônio. Em consequência disso, um novo impulso elétrico é gerado e chegará ao corpo de sua célula, resultando no disparo de um novo PA e assim

GAMEPAD VII

Seminário de Games e Tecnologia

16 de maio de 2014 - Universidade Feevale

sucessivamente. O PA que ocorre antes da sinapse é denominado de potencial pré-sináptico, e aquele que ocorre após, é denominado de pós-sináptico (GUYTON, 1993).

Os potenciais pós-sinápticos, de acordo com sua natureza excitatória, podem ser classificados em potencial pós-sináptico inibitório (PPSI) e potencial pós-sináptico excitatório (PPSE). O neurônio que recebe o estímulo de um PPSI se torna superpolarizado, de forma a não reagir a novos estímulos e, portanto, fique impossibilitado de desencadear um novo PA. Em contrapartida, o PPSE estimula a célula nervosa a desenvolver um novo PA (LENT, 2004).

Entender o que são os potenciais pós-sinápticos assim como os fenômenos inerentes aos mesmos, é fundamental para compreensão do funcionamento do eletroencefalograma (EEG). Esta seção apresentou alguns conceitos fundamentais sobre neurociência e a seção a seguir, apresentará os conceitos principais de um EEG.

3 ELETROENCEFALOGRAMA

Entende-se por Eletroencefalograma (EEG) o registro neurofisiológico da atividade elétrica do encéfalo, captada a partir de eletrodos sistematicamente dispostos sobre o couro cabeludo. Amplamente difundido, este dispositivo é utilizado no domínio da medicina, com a finalidade de detectar patologias no cérebro, como, por exemplo, distúrbios do sono e epilepsia e, em alguns casos, para constatar a morte cerebral do paciente (NIEDERMEYER; SILVA, 2005). Por outro lado, os fenômenos que rodeiam a atividade normal deste registro já estão sendo pesquisados, a fim de encontrar padrões para estados normais da atividade cerebral (WOLPAW, 2002).

Os sinais que são captados por um EEG são provenientes de correntes elétricas da atividade do córtex cerebral. Essas correntes são geradas pelo somatório dos PPSIs e PPSEs de milhares ou milhões de neurônios. É importante ressaltar, que as grandes células piramidais tem principal influência e que as atividades de PAs individuais, não contribuem diretamente no registro eletroencefalográfico. Outro fator que contribui nas

GAMEPAD VII

Seminário de Games e Tecnologia

16 de maio de 2014 - Universidade Feevale

correntes são os estímulos transmitidos pelo tálamo e pelo tronco cerebral (TATUM et al., 2008).

Por meio de eletrodos colocados sistematicamente no couro cabeludo, o EEG tenta gravar potenciais elétricos, que é a amplitude do sinal. Essa amplitude é medida em microvolts. Ao distribuir os valores captados pelo EEG em um gráfico, onde o eixo das ordenadas representa a amplitude, e o eixo das abscissas representa o tempo, observa-se que o formato de onda gerado é uma senoide. Chama-se de frequência, a quantidade de ciclos por segundo da onda gerada. A frequência é medida em hertz (TATUM et al., 2008).

A colocação sistemática dos eletrodos foi padronizada por uma organização internacional em um sistema 10-20, baseando-se em marcos anatômicos na caixa craniana. A partir de uma divisão de três linhas em intervalos que variam entre 10% e 20% do comprimento, os locais são definidos, assim como apresenta a Figura 3. Recomenda-se a utilização de um mínimo de 21 eletrodos para uso clínico (TATUM et al., 2008). Não obstante a isso, estudos recentes utilizam de 1 até 255 eletrodos (BERGER et al., 2007).

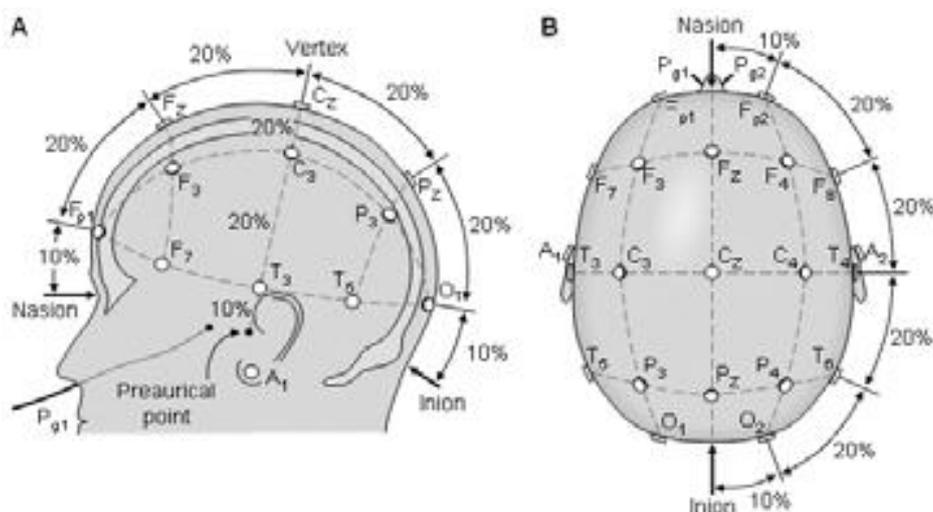


Figura 3 – Distribuição sistemática dos eletrodos conforme padrão 10-20
Fonte: SHAMSAEI, 2010

As ondas cerebrais, também conhecidas como ritmos cerebrais, apresentam diferentes padrões de frequências. Esses ritmos cerebrais são classificados de acordo

GAMEPAD VII

Seminário de Games e Tecnologia

16 de maio de 2014 - Universidade Feevale

com sua faixa de frequência, sendo estes os principais: ritmos delta, teta, alfa, beta e gama (NIEDERMEYER; SILVA, 2005). Na bibliografia é possível encontrar ainda outros ritmos, como sigma, kappa (NIEDERMEYER; SILVA, 2005) e lambda (TATUM et al., 2008, NIEDERMEYER; SILVA, 2005). A Figura 4 apresenta-se graficamente o registro dos principais ritmos.

Ritmos delta são os mais lentos, sua faixa de frequência é menor que 4Hz e sua amplitude é menor que 30 microvolts. Esse ritmo está associado ao sono profundo, estado de coma e efeito de analgésicos (TATUM et al., 2008).

O ritmo teta possui frequência entre 4Hz e 8Hz e sua amplitude é inferior a 15 microvolts. Geralmente pode ser registrada na região frontal do crânio. Tem relação com estados de sonolência e sono (TATUM et al., 2008).

Ritmos alfa ocorrem na região posterior do crânio, com maior intensidade na região occipital. Apresentam uma faixa de frequência que varia entre 8Hz a 13Hz e estão associados ao estado de vigília (TATUM et al., 2008). Através deste ritmo é possível verificar o piscar dos olhos (NIEDERMEYER; SILVA, 2005).

Na mesma frequência que o ritmo alfa, mas com menor amplitude, encontra-se o ritmo Mu, Está ligado diretamente ao relaxamento da atividade motora e pode ser observado em somente um dos hemisférios cerebrais; sua detecção é extremamente assimétrica e assíncrona (TATUM et al., 2008).

Os ritmos beta estão relacionados às frequências superiores a 13Hz e normalmente inferiores a 30Hz, uma vez que a faixa de 30Hz e 40Hz é compartilhada entre os ritmos beta e gama (NIEDERMEYER; SILVA, 2005). Sua amplitude é inferior a 20 microvolts. O sinal desse ritmo é encontrado nas regiões frontal e central do crânio (TATUM et al., 2008).

Por fim, o ritmo gama opera em frequências superiores a 30Hz. Esse ritmo é mais bem percebido quando existe atividade cortical relacionada com alta concentração, processos mentais complexos, atividade motora e qualquer tipo de tarefa cognitiva que exija uma maior concentração (NIEDERMEYER; SILVA, 2005).

GAMEPAD VII

Seminário de Games e Tecnologia

16 de maio de 2014 - Universidade Feevale

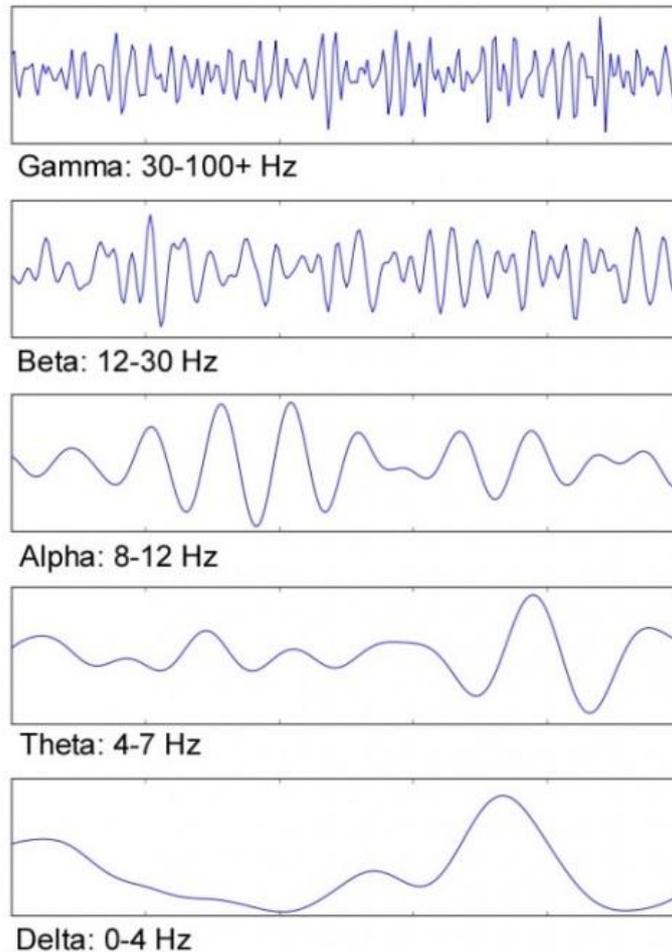


Figura 4 – Principais ritmos do cérebro
Fonte: KENT, 2010

Atualmente, já está disponível no mercado, equipamentos portáteis e de baixo custo. Inicialmente, esses equipamentos foram desenvolvidos para serem utilizados em jogos digitais, no entanto, seu campo de uso tem se estendido para outras finalidades, incluindo pesquisas acadêmicas. As empresas Neurosky (2014) e Emotiv (2014) são exemplos de empresas produtoras de EEGs portáteis.

4 TRABALHOS RELACIONADOS

Dentre os estudos que realizaram análise de dados neurofisiológicos, destacam-se duas pesquisas, uma delas, analisou os níveis de atenção e relaxamento dos participantes, durante uma seção de aula baseada em tecnologias de votação. Já a outra pesquisa, buscou avaliar a influência de mensagens subliminares sobre as habilidades afetivas e cognitivas do cérebro dos participantes durante a resolução de um problema.

4.1 INFLUÊNCIA DAS TECNOLOGIAS DE VOTAÇÃO SOBRE O ENVOLVIMENTO DO ESTUDANTE: UMA ANÁLISE DA MOTIVAÇÃO, DESEMPENHO ACADÊMICO E DADOS DE ONDAS CEREBRAIS DE ESTUDANTES.

Um dos principais problemas com a forma tradicional de ensino, que é empregado na grande maioria das universidades e entidades de ensino ao redor do mundo, é a tendência dos alunos apresentarem um baixo nível de envolvimento no processo como um todo. O conhecimento é passado pelos professores de forma generalizada, ou seja, sendo incapaz de atender as necessidades individuais dos alunos, que recebem o conteúdo de forma passiva (SUN, 2013).

Para sanar esse problema e viabilizar melhorias no ensino e em como os alunos absorvem o conhecimento, técnicas conhecidas como JITT (*Just-In-Time Teach*), estão utilizando dispositivos eletrônicos de votação para aumentar a participação e o interesse dos alunos dentro e fora de aula. O experimento realizado por Sun (2013) comparou dois métodos distintos de votação a fim de avaliar qual o efeito destes métodos sobre o comportamento cerebral como, por exemplo, níveis de relaxamento e atenção, dos alunos em sala de aula, além de outras variáveis.

Através do uso de um EEG não invasivo, Sun (2013) realizou a captação das ondas cerebrais dos alunos participantes do experimento, além de coletar dados subjetivos de questionários para confrontar e sustentar os resultados obtidos das leituras. Os participantes foram divididos em dois grupos, onde um grupo usou um dispositivo do tipo *clicker* e o outro, um aplicativo de votação para *smartphones*. O experimento buscou

GAMEPAD VII

Seminário de Games e Tecnologia

16 de maio de 2014 - Universidade Feevale

analisar as leituras num período que compreendia o tempo de explicação do professor sobre um determinado conteúdo, a resposta do aluno ao questionamento sobre o assunto (através do dispositivo de votação) e a explicação e resolução do questionamento pelo professor.

Após analisar os resultados das leituras cerebrais, Sun (2013) percebeu que o grupo de alunos que usara o dispositivo *clicker*, de um modo geral, apresentou aumento nos níveis de atenção durante a atividade de votação dos questionários, conforme mostra a Figura 5, no entanto, logo após a votação, os níveis de atenção caíram drasticamente. Também foi observado que os níveis de relaxamento tiveram um ligeiro aumento durante a votação, mas decaíram a ponto de indicar stress nos alunos deste grupo, nos momentos subsequentes.



Figura 5 – Níveis de atenção de um aluno do grupo que usou o dispositivo *clicker*
Fonte: SUN, 2013

Resultados diferentes foram observados no grupo de alunos que usou um *smartphone* para realizar a votação. As leituras cerebrais mostraram que os níveis de atenção desses alunos decresciam no momento em que se iniciava a votação, mas apresentava um crescimento ao longo deste período e também nos momentos subsequentes a votação. Com relação aos níveis de relaxamento desse grupo, as leituras

cerebrais mostraram que os alunos estavam consideravelmente relaxados antes, durante e depois da votação, conforme a Figura 6 (SUN, 2013).



Figura 6 - Níveis de relaxamento de um aluno do grupo que usou um *smartphone*
Fonte: SUN, 2013

O autor deste experimento constatou que a análise dos estados cognitivos através da leitura das ondas cerebrais, mostrou-se um meio eficaz e mais direto que dados puramente estatísticos. Os resultados puderam comprovar que os dispositivos de votação por *smartphones* são mais naturais de serem usados do que os dispositivos do tipo *clicker*. Da mesma forma, ajudaram os alunos a se manterem mais relaxados, o que sugere que estavam menos ansiosos e, portanto, mais motivados a aprenderem e também, mais aptos a fazerem escolhas. O autor sugere que novas investigações devem ser conduzidas nesta área (SUN, 2013).

4.2 ESTRATÉGIAS IMPLÍCITAS PARA SISTEMAS DE TUTORIAIS INTELIGENTES

Sistemas de Tutorias Inteligentes (STI) é uma técnica que consiste em simular tutores ou professores em ambientes virtuais, sobre um cenário que envolve algum tipo de aprendizado e ou a resolução de um problema. Essa técnica permite um acompanhamento individualizado dos alunos, voltados à necessidade e dificuldades dos

GAMEPAD VII

Seminário de Games e Tecnologia

16 de maio de 2014 - Universidade Feevale

mesmos. Os constantes avanços em áreas de ciências cognitivas, inteligência artificial e neurociência, mostram que os mecanismos cerebrais associados às emoções, estão relacionados a processos cognitivos, como o raciocínio, a percepção, a resolução de problemas e a tomada de decisão. Sendo assim, STI estão sendo desenvolvidos com a capacidade de responder aos estudantes em um nível pessoal, identificando os seus estados emocionais reais e adaptando o ensino de forma adequada (JRAIDI; CHALFOUN; FRASSON, 2012).

Apesar da crescente evolução dos STI, a grande maioria utiliza uma abordagem explícita e intervenções diretas ao interagir com os usuários. Essa abordagem acaba por interferir, muitas vezes, de forma negativa no processo de aprendizagem, por ser excessiva, intrusiva ou até mesmo imprópria. O experimento realizado por Jraidi, Chalfoun e Frasson (2012), propõe o uso de abordagens implícitas ou indiretas, tais como, mensagens subliminares, no processo de interação com o usuário, em um cenário de resolução de problemas. Eles elaboraram dois experimentos visando estimular o subconsciente do usuário, onde um deles busca melhorar habilidades afetivas, como a autoestima e o outro, habilidades cognitivas como o raciocínio.

O primeiro experimento consistia em solicitar ao usuário que indicasse qual o elemento faltante de uma determinada sequência de formas geométricas, números ou letras. Antes de cada problema, uma mensagem subliminar mostrava palavras de autoestima como, sucesso, eficiente, inteligente, entre outros, e também a letra inicial do nome do participante. O *feedback* das reações emocionais dos participantes foi coletado por um sensor que mediu a condutância da pele e outro que mediu a frequência cardíaca.

O segundo experimento consistia em solicitar ao usuário que resolvesse alguns problemas do tipo “quadro mágico ímpar”, numa sequência com níveis crescentes de dificuldade, com o mínimo possível de movimentos e erros. A cada nível, mensagens subliminares foram administradas com o intuito de auxiliar os participantes, revelando alguns truques e dicas para a solução do problema. Nesse experimento, os participantes tiveram suas atividades cerebrais captadas por um EEG.

Os autores do experimento estavam interessados em medir duas métricas em específico: o sinal proveniente da assimetria direita do cérebro, na banda de 40 Hz,

GAMEPAD VII

Seminário de Games e Tecnologia

16 de maio de 2014 - Universidade Feevale

relevante na solução de problemas e o sinal proveniente da assimetria esquerda do cérebro, conhecida como Beta2, relevante em processamentos aritméticos. Os resultados mostraram que nos níveis mais difíceis do desafio, as mensagens subliminares induziram o cérebro a mudar sua estratégia, diminuindo a intensidade do processamento aritmético e aumentando a concentração no hemisfério direito (sinal de 40 Hz), conforme Figura 7 (JRAIDI; CHALFOUN; FRASSON, 2012).

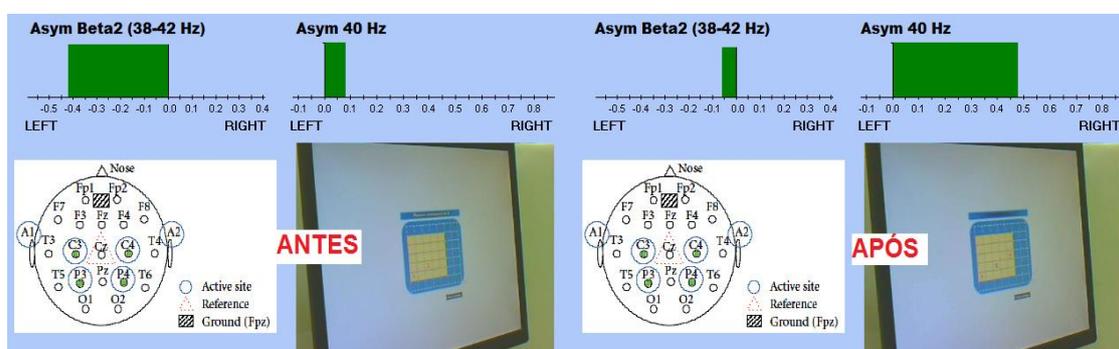


Figura 7 - Resultado da atividade cerebral antes e após a indução das mensagens
Fonte: JRAIDI, CHALFOUN, FRASSON, 2012

Por fim, os autores desse experimento puderam comprovar que ambas as estratégias, afetiva e cognitiva, envolvendo o emprego do uso de mensagens sublimar em STI, provocaram efeitos positivos nos participantes. Demonstraram que as habilidades cognitivas, como raciocínio analógico pode ser potencialmente monitorado, avaliado e influenciado. Constataram que estas estratégias podem melhorar a interação entre STI e aprendizes, proporcionando ganhos significativos na aprendizagem. Acreditam ainda, que os STI podem ser mais eficientes se adotarem uma estrutura híbrida, integrando interações explícitas e implícitas (JRAIDI; CHALFOUN; FRASSON, 2012).

5 CONCLUSÃO

Assim como nos trabalhos relacionados mencionados neste artigo e diante dos dados neurofisiológicos apresentados, é possível investigar e promover o desenvolvimento

GAMEPAD VII

Seminário de Games e Tecnologia

16 de maio de 2014 - Universidade Feevale

de uma ferramenta capaz de captar, estruturar e catalogar medidas fisiológicas, que poderão apoiar pesquisas nacionais voltadas à neurociência, viabilizando, por exemplo, a elaboração de novas metodologias de avaliação de *software* e Jogos Digitais.

A partir do momento que a atividade cerebral é captada e registrada, dado um contexto como, por exemplo, um jogo digital pedagógico, poderá ser realizada uma avaliação sobre o quanto esse jogo está realmente “prendendo” a atenção do usuário. Uma avaliação nesse nível poderá ser proveitosa para que esse mesmo jogo possa reavaliar os recursos e conteúdos apresentados, visando sempre a otimização do aprendizado.

Atualmente, o processo de desenvolvimento da ferramenta proposta está em fase de investigação. Até o momento, foi realizado a pesquisa e o estudo de bibliografias do domínio da neurociência e também sobre os conceitos gerais de um EEG. Além dos trabalhos relacionados apresentados nesse artigo, outros estão sendo estudados, a fim de criar uma consciência geral das inúmeras possibilidades que essa ferramenta poderá trazer a comunidade acadêmica nacional.

Para o primeiro semestre de 2014, os próximos passos ainda serão de pesquisa, mais precisamente voltados a compreensão e aprofundamento dos conhecimentos sobre os estados mentais como, por exemplo, os diferentes tipos de atenção (perceptiva e cognitiva). Pretende-se estudar os equipamentos de leitura de ondas cerebrais das empresas *Emotiv* (2014) e *Neurosky* (2014), bem como as bibliotecas disponíveis para o tratamento das informações captadas em aplicações de *software*.

Depois de realizada a pesquisa bibliográfica, no segundo semestre de 2014 será realizada a implementação, aplicação e avaliação da ferramenta avaliada. Portanto, até o final do ano de 2014, a ferramenta proposta neste artigo estará concluída e apta para ser usada em pesquisas futuras.

GAMEPAD VII

Seminário de Games e Tecnologia

16 de maio de 2014 - Universidade Feevale

BIBLIOGRAFIA

BERGER, Theodore W. et al. **INTERNATIONAL ASSESSMENT OF RESEARCH AND DEVELOPMENT IN BRAIN-COMPUTER INTERFACES**. 2007.

EMOTIV. **Emotiv**. 2014. Disponível em: <<http://www.emotiv.com/>>. Acesso em: 20 abr. 2014.

GUYTON, Arthur C. **Neurociência Básica: Anatomia e Fisiologia**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A. 1993.

JRAIDI, Imène; CHALFOUN, Pierre; FRASSON, Claude. **Implicit Strategies for Intelligent Tutoring Systems**, 2012. Université de Montréal, Dept. of Computer Science and Operations Research 2920 chemin de la tour, H3T-1J8 QC, Canada.

JONES, Ernie. **BRAIN, MIND and BEHAVIOR**, 2014. Disponível em: <<http://ipc1.clpccd.cc.ca.us/lpc/jones/psy4rev1.htm>>. Acesso em: 05 mai. 2014

KENT, James L. **Psychedelic Information Theory Shamanism in the Age of Reason**. PIT Press: Seattle. 2010.

LENT, Roberto. **Cem bilhões de neurônios: conceitos fundamentais de neurociência**. São Paulo: Editora Atheneu. 2004.

NEUROSKY. **Neurosky**. 2014. Disponível em: <<http://www.neurosky.com/>>. Acesso em: 20 abr. 2014.

NIEDERMEYER, Ernest; SILVA, Fernando Lopes da. **Electroencephalography: basic principles, clinical applications, and related fields**. 5 ed. 2005

SCHUH, Anderson Rodrigo. **BLINK - Estudo e prototipação de um simulador de cadeira de rodas em ambiente tridimensional controlado por interface cérebro-computador não invasiva**. 2013

SHAMSAEI, G.R. **Review Of Clinical Electroencephalography**, 2010. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/32202752/Review-of-Clinical-EEG>>. Acesso em: 10 mai. 2014.

SUN, Jerry Chih-Yuan. **Influence of polling technologies on student engagement: An analysis of student motivation, academic performance, and brainwave data**, 2013. Institute of Education, National Chiao Tung University, 1001 Ta-Hsueh Road, Hsinchu, Taiwan, ROC.

TATUM, William O. et al. **Handbook of EEG Interpretation**. Demos Medical Publishing. 2008.
WOLPAW, Jonathan R. Brain-computer interfaces as new brain output pathways. **The Journal of Physiology Online**, 2007.