

EEG EM PESQUISA DE NEUROMARKETING: um estudo teórico sobre as suas formas de análise para pesquisas na área de marketing

KARINA MUNARI PAGAN
FEA-RP/USP
karinapagan41@yahoo.com

JANAINA DE MOURA ENGRACIA GIRALDI
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP)
jgiraldi@usp.br

EEG EM PESQUISAS DE NEUROMARKETING: um estudo teórico sobre as suas formas de análise para pesquisas na área de marketing

1 INTRODUÇÃO

Neuromarketing é uma recente área de pesquisa que vem sendo cada vez mais abordada por acadêmicos e profissionais de negócios. Esta nova área de pesquisa utiliza ferramentas da psicologia, medicina e psiquiatria empregadas em conjunto com as ferramentas de marketing tradicionais que buscam uma melhor compreensão sobre os mais diversos tipos de comportamentos, pensamentos, emoções, cognições, reações fisiológicas de agentes conscientes e inconscientes referentes a questões típicas do marketing e de suas diversas subáreas (OLIVEIRA; GIRALDI, 2017).

De fato, muitos pesquisadores vêm realizando pesquisas nesta área para: ajudar a determinar as reações dos consumidores, identificar os determinantes da diferenciação das marcas, elaborar pesquisas sobre a percepção do produto, da propaganda e da promoção e para mensurar as emoções, os interesses, a confiança e a lealdade dos consumidores (BULLEY; ADU-BROBBEY; DUODU, 2016).

Existem várias ferramentas que podem ser utilizadas para propósitos específicos sendo que estas podem ser divididas em duas categorias: em *neurofeedbacks* e em *biofeedbacks* (OLIVEIRA; GIRALDI, 2017). Os *neurofeedbacks* são ferramentas utilizadas para medir as atividades cerebrais. Os *biofeedbacks*, por sua vez, são mecanismos que ajudam na obtenção de um controle consciente sobre as várias funções autônomas do organismo. Estes mecanismos, possibilitam o *feedback* biológico obtido de dispositivos eletrônicos que captam as informações em tempo real (RODRIGUES; PEREIRA, 2010).

Dentre os *neurofeedbacks*, podem-se citar, a ressonância magnética funcional (fMRI), a magnetoencefalografia (MEG), a tomografia por emissão de pósitrons (PET), a topografia de estado estacionário (SST), a estimulação magnética transcraniana (TMS) e a eletroencefalografia (EEG). Já entre os *biofeedbacks* podem ser mencionados o *eye-tracking*, a codificação facial, a resposta galvânica da pele (GSR) e outros mecanismos que medem os processos fisiológicos, tais como, a dilatação da pupila, a tensão muscular, a pressão sanguínea, a respiração, o batimento cardíaco e a temperatura (RODRIGUES; PEREIRA, 2010, BULLEY; ADU-BROBBEY; DUODU, 2016).

Esta pesquisa irá focar na ferramenta eletroencefalografia (EEG) que é considerada não invasiva e indolor, e muito utilizada para registrar os processos cognitivos (a percepção, a memória, a atenção, a linguagem e a emoção) e corticais (TEPLAN, 2002, MORIN et al. 2011, ALMEIDA; OLIVEIRA ARRUDA, 2014). De fato, optou-se em estudar esta ferramenta pelas diversas vantagens que ela apresenta se comparadas com outras ferramentas de *neurofeedbacks*, tais como: alta velocidade de gravação, alta taxa de criação de situações experimentais, maior mobilidade e a leveza do aparelho e alta liberdade por parte do indivíduo que está sendo examinado (TEPLAN, 2002, DIAS, 2012, ALMEIDA; OLIVEIRA ARRUDA, 2014).

Contudo, uma das principais desvantagens da utilização da eletroencefalografia é justamente o grau de dificuldade para se analisar os dados obtidos. Os dados captados apresentam uma série de ruídos que se não retirados podem influenciar os resultados da pesquisa (VARELLA, 2008, RIBEIRO et al., 2014). Além disso, há várias maneiras que podem ser utilizadas para analisar os diversos elementos que compõem o reconhecimento de uma emoção (BOS, 2006).

Apesar dessas dificuldades, há um número crescente de pesquisas em *neuromarketing* que vêm utilizando esta técnica. Dentre estes estudos, observa-se que existe mais de um método de análise que podem ser empregados em pesquisas na área de marketing. Diante disso e considerando que a conciliação de ferramentas de neurociências com o marketing é uma área de pesquisa recente e promissora, surge o seguinte problema: “Quais são as formas de análise existentes do EEG que podem ser utilizadas em pesquisas na área de marketing?”

Deste modo, o objetivo deste artigo é verificar quais são as formas de análise existentes do EEG que podem ser utilizadas em pesquisas na área de marketing. Os objetivos específicos, por sua vez, consistem em conhecer o que é a técnica EEG e como pode ser realizada a remoção dos ruídos /artefatos. Para isso, foi realizada uma revisão da literatura. A realização desta pesquisa pode auxiliar os futuros estudos que utilizam a técnica EEG, quanto à forma de análise que deve ser empregada.

Em relação à organização deste artigo, primeiramente, foi abordada a técnica EEG, em seguida, foi mencionado o método de rotação mais poderoso para a extração dos ruídos e artefatos, seguido da apresentação dos métodos de análises do EEG, assim como, pesquisas em marketing que utilizaram estes métodos. Por fim, é apresentada as considerações finais do artigo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 EEG

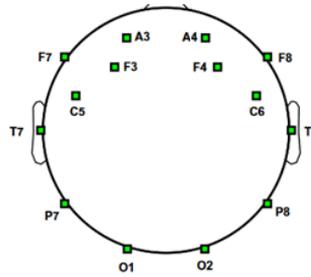
O EEG, também conhecido como eletroencefalografia, é uma ferramenta não invasiva e indolor muito conhecida por registrar a atividade cerebral. Mais especificamente, esta técnica registra, por meio da medição da atividade cortical, processos cognitivos, tais como, a percepção, a memória, a atenção, a linguagem e a emoção (TEPLAN, 2002, MORIN et al. 2011, ALMEIDA; OLIVEIRA ARRUDA, 2014).

Para realizar esta medição da atividade cerebral, são colocados eletrodos diretamente sobre o couro cabeludo. Estes eletrodos captam sinais elétricos do córtex e fornecem, por meio de várias transformações matemáticas, as medidas de distribuição frequencial referentes ao grau de excitação das populações neurais correlacionadas (DIAS, 2012). Para providenciar informações sobre a atividade elétrica espontânea a nível cortical, esta técnica depende de estímulos e da capacidade de registro das respostas que estes estímulos possam a vir apresentar. Estes estímulos podem ser visuais, auditivos ou somáticos (TAVARES, 2011).

Antes de 1947, a posição dos eletrodos no couro cabeludo e o nome das siglas de cada região cerebral não era padronizada. Isto provocava uma série de dificuldades em relação ao manuseio, análise e comparação dos resultados. Somente em 1947 com o primeiro congresso do EEG foi estabelecida a padronização dos posicionamentos dos eletrodos e de suas nomenclaturas (TAVARES, 2011).

Diante disso, foi estabelecido o sistema internacional de eletrodos 10-20 na qual estes eram posicionados com base em marcos anatômicos da cabeça, o que permitia uma cobertura mais uniforme no couro cabeludo (TYNER et al., 1989). Os eletrodos foram nomeados referentes aos lobos cerebrais como P: parietal, F: frontal, T: temporal, C: central, O: occipital e A: auricular, sendo que, os eletrodos colocados no lado direito recebiam números pares e no lado esquerdo números ímpares (MORAES, 1996). A Figura 1 mostra um exemplo da localização dos eletrodos no couro cabeludo com base em um canal de 14 eletrodos.

Figura 1- Localização dos eletrodos no couro cabeludo



Fonte: Adaptado de KHUSHABA et al, 2013

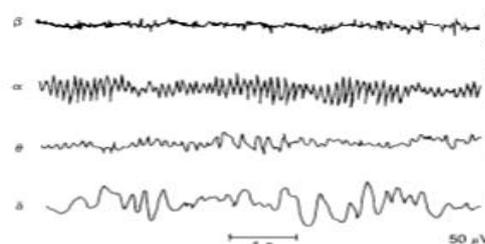
Mais especificamente, o EEG trabalha com quatro bandas (faixas) espectrais que são diferenciadas por sua amplitude (intensidade de cada impulso elétrico) e frequência (medida do número de vezes que cada neurônio emite um pulso de informação para outro neurônio). Estas quatro faixas espectrais são denominadas de alfa, beta, delta e theta (MASCARO, 2008).

Não há uma padronização das frequências destas ondas ou faixas espectrais na literatura, contudo o valor destas frequências torna-se muito próximas uma das outras. Por exemplo, Mascaro (2008) considera que as ondas alfa tem frequência de 8hz a 14 hz, as betas de 14hz a 30 hz, as delta de 0,5 hz a 4 hz e as theta 4hz a 8 hz. Tavares (2011), por sua vez, considera que as ondas alfas têm frequência de 8 hz -13 hz, as beta de 14 hz -30 hz, as delta de 1 hz -3 hz e as thetas de 4 hz a 7 hz.

As faixas espectrais ou ondas alfa têm normalmente formato arredondado ou sinusoidal, sendo observadas em momentos de relaxamento, destensionamento muscular, em que a tensão arterial do indivíduo diminuiu, a respiração torna-se mais lenta e profunda, o estresse é controlado, a percepção se expande, o hemisfério esquerdo passa a ser dominante, há a perda de força dos bloqueios emotivos e cognitivos, as emoções podem ser mais sentidas, o subconsciente aflora e há a libertação de tensões psíquicas e bionergeticas (DANTAS, 2001, DIAS; ZOGAIB; SILVA, 2005, TAVARES, 2011, BERCEA, 2012).

As ondas ou faixas espectrais betas são observadas quando o indivíduo encontra-se em estado de alerta, tensão, vigília, ativação intensa do sistema nervoso central e são inibidas pelo esforço mental e atenção, sendo melhor observadas quando as ondas alfa estão bloqueadas (MOURA; TAVARES, 2011). As ondas deltas apresentam ritmo mais lento que a beta e alfa, sendo mais observadas em crianças de até um ano, durante o sono profundo, em anestesia profunda e em doenças cerebrais graves. As ondas thetas, por sua vez, são mais observadas em crianças entre 2 a 5 anos, em estados de sonolência e calma (TAVARES, 2011, BERCEA, 2012). A Figura 2 mostra um exemplo do formato destas ondas.

Figura 2- Ondas cerebrais alfa, beta, delta e theta



Fonte: ADAPTADO DE TAVARES, 2011

Desta forma, a técnica EEG mostra-se como uma boa ferramenta capaz de informar o estado do cérebro organizando o substrato da cognição e do comportamento (BARRY; CLARKE; JOHNSTONE, 2003). De fato, um eletrodo é capaz de fornecer estimativas do funcionamento corporal, que é controlado pelo sistema nervoso autônomo, no qual contém cerca de 100 milhões a 1 bilhão neurônios. Além disso, por ser uma ferramenta de gravação externa e possuir um amplo espalhamento de elétrodos no couro cabeludo, há a redução de captação de dados acidentais (NUNEZ; SRINIVASAN, 2006).

A resolução temporal é de milissegundos considerada alta e a resolução espacial é de centímetros, considerada como baixa (BARRY; CLARKE; JOHNSTONE, 2003, ALMEIDA; OLIVEIRA ARRUDA, 2014). Contudo, ao se comparar a eletroencefalografia a outras técnicas existentes, nota-se que, o EEG apresenta maior mobilidade pelo fato de o aparelho ser leve e móvel; há uma maior liberdade por parte do indivíduo que está sendo examinado podendo mexer mais a cabeça, uma vez que, o EEG é bem menos sensível a movimentação da cabeça; há maior possibilidade de criação de situações experimentais, além disso a velocidade de gravação é muito alta, uma vez, que padrões complexos de atividade neural são gravados em frações de segundos após a realização do estímulo (TEPLAN, 2002, DIAS, 2012, ALMEIDA; OLIVEIRA ARRUDA, 2014).

Contudo, as desvantagens desta ferramenta, são justamente uma grande quantidade de ruídos e artefato e a dificuldade de análise. De fato, a atividade cortical capturada pela eletroencefalografia (EEG) sofre uma série de distorções (ruídos e artefatos) devido ao tecido da cabeça, aos ossos, a picagem dos olhos, aos batimentos cardíacos dos participantes, ao estado de tensão do participante, aos músculos e aos fatores não fisiológicos (BOS, 2006). Estes ruídos e artefatos ocorrem em determinadas frequências.

Isto é, os artefatos associados aos movimentos dos olhos (EOG) são mais dominante para frequências abaixo de 4 Hz; os artefatos associados aos músculos (EMG) são mais encontrados para frequências acima de 30 Hz; os artefatos associados aos batimentos cardíacos (ECG) são mais encontrados para frequências em torno de 1,2 Hz e os artefatos não fisiológicos são mais encontrados para frequências acima de 50 Hz (BOS, 2006).

A remoção destes ruídos/artefatos é de extrema importância, uma vez que, poderiam prejudicar a análise dos dados. Um dos métodos mais utilizados para a extração destes ruídos/artefatos seria a análise dos componentes independentes (ICA) (VARELLA, 2008, RIBEIRO et al., 2014). “O conceito matemático básico do ICA é minimizar a informação mútua entre as projeções de dados ou maximizar sua entropia conjunta” (DELORME; MAKEIG, 2004, p.13), “busca fontes maximamente independentes” e “em porções mais iguais do total dos sinais” (DELORME; MAKEIG, 2004, p.13). Dentre todos os métodos de extração de ruídos, este método mostra-se ser o método de rotação mais poderoso e se os cursos de tempo de atividade forem próximos ou independentes uns dos outros, possui a vantagem de ser livre para se adaptar aos padrões reais de projeção dos geradores da eletroencefalografia (DELORME; MAKEIG, 2004).

No geral, esta análise é recomendada para ser utilizada quando as fontes são linearmente misturadas aos sinais gravados, sem que durante o processo haja atrasos de tempos diferenciais. No caso da utilização da eletroencefalografia (EEG) e de geradores cerebrais (ou não cerebrais) este requisito é satisfeito devido ao grande volume de dados capturados do couro cabeludo (DELORME; MAKEIG, 2004).

Em pesquisas na área de marketing, o EEG pode ser utilizado no desenvolvimento de propagandas, em teste de novas campanhas, trailer de filmes, slogans, em teste de desenho de websites, em teste de experiências dentro da loja e para identificar os momentos-chave de uma propaganda ou material de vídeo (BERCEA, 2012).

2.2 MÉTODOS DE ANÁLISE DA ELETROENCEFALOGRAFIA

Nesta seção serão abordados os métodos de análise da eletroencefalografia (ERP, tempo-frequência, assimetria frontal), dando destaque a pesquisas na área de marketing que os utilizaram.

2.2.1 ERP

Os ERPs também conhecidos como potenciais de eventos relacionados (*event-related potentials*) são variações ou deflexões de tensão positivas ou negativas induzida pelo cérebro e captados pela eletroencefalografia (EEG) referentes a bloqueios no tempo de eventos cognitivos, sensoriais e motores (FRIEDMAN; CYCOWICZ; GAETA, 2001; ROACH; MATHALON, 2008). Os ERPs fornecem uma medida direta e não invasiva do curso temporal das mudanças de tensões, sendo bastantes úteis como medida de processamento discreto de informações (FRIEDMAN; CYCOWICZ; GAETA, 2001), uma vez que providenciam informações valiosas sobre a orientação emocional (SCHUPP et al. 2006). Uma grande vantagem deste método é a possibilidade de integração de modalidades entre as várias regiões cerebrais (TEDER-SALEJARVI et al., 2002).

Em específico, a análise ERP fornecem duas dimensões principais: a amplitude (fornece um índice de extensão da atividade neural) e a latência (revela o momento da ativação neural) (FRIEDMAN; CYCOWICZ; GAETA, 2001, SANEI; CHAMBERS, 2007). Contudo, e o que vem recebendo críticas de vários pesquisadores são justamente as oscilações que a latência poderiam sofrer entre os diversos eletrodos. Além disso, as posições dos eletrodos de referências poderiam alterar os resultados das saídas estatísticas (POURTOIS et al., 2008)

Os ERPs fornecem vários componentes que são amplamente estudados por vários pesquisadores. O componente mais utilizado é o P300 que varia com o valor emocional do estímulo e são evocados por estímulos positivos ou negativos (GRAY et al., 2004, WU; LIU; QUINN-WALSH 2008, PILELIENÉ; GRIGALIŪNAITĖ, 2017). Outros componentes que também são utilizados são o N200 (Maior para estímulos relevantes que raramente ocorrem (HOLROYD et al., 2008), N170 (Alta amplitude para reconhecimento de faces e baixa para reconhecimentos de objetos. Contudo têm autores que constentam estes resultados (ver Caldara et al., 2004), N400 (Elicita uma grande variedade de estímulos: fotos, palavras, rostos, vídeos escritos, vídeos falados, desenhos, sons, ações, símbolos matemáticos, manipulações linguísticas e não linguísticas (KUTAS; FEDERMEIER, 2011), dentre outros componentes.

Os estudos de *neuromarketing* que utilizaram a técnica EEG focaram basicamente em dois destes componentes o P300 e o N400. Dentre estes estudos, Wang, Ma, Wang (2012), analisaram o componente N400. O objetivo destes pesquisadores era examinar os eventos relacionados potenciais no processamento da extensão de marca utilizando o N400 como um índice de processamento descontrolado de categorização em extensão de marca. Os participantes teriam que associar marcas de refrigerantes com o nome do produto associado com esta marca. Essa associação ocorreu para duas categorias: típica (para o produto típico da marca. Por exemplo refrigerante da maca coca-cola) e atípica (Por exemplo, roupa esportiva da marca coca-cola). Os eletrodos analisados foram os correspondentes as áreas frontal, fronto-central, central, centro-parietal e parietal.

Foi verificado um processo de categorização inconsciente nas escolhas de produtos. O nome do produto ativou um processamento inconsciente entre a comparação do produto e da marca. A marca foi tratada como uma categoria mental e o produto foi visto como um membro da marca. Além disso, a marca despertou a associação dos produtos típicos e foi vista como um atributo de recuperação de sua memória de longo prazo. Deste modo, os autores concluem

afirmando que a categorização da marca desempenha um papel muito importante na psicologia do consumidor e esta extensão ocorre inconscientemente devendo, desta forma, ter uma atenção maior por parte das empresas.

Pilelienė e Grigaliūnaitė (2017), por sua vez, analisaram a amplitude e a latência do P300. Os objetivos destes pesquisadores era realizar um estudo sobre as diretrizes para a seleção de uma porta-voz feminina e para verificar a posição da marca sobre esta porta-voz no contexto da publicidade FMCG. Os eletros analisados foram os da região parietal (P3 e P4).

Os estímulos consistiam em dois estímulos alvos, um estímulo padrão e um distrator e foram realizados da seguinte maneira: o primeiro estímulo alvo continha a imagem de uma celebridade feminina globalmente conhecida e foi emparelhada junto com a água mineral de uma marca conhecida. O segundo estímulo alvo continha uma imagem feminina desconhecida emparelhada com uma marca de água mineral diferente, mas conhecida. Estes estímulos também foram analisados por meio do *eye tracking*, mas foram colocados em diferentes posições: direita e superior, esquerda e superior, direita inferior e esquerda e inferior.

De fato, foi verificado que os resultados do FMCG dependia do objetivo da comunicação de marketing. Para campanhas cujo objetivo era formar uma atitude foi recomendado usar uma celebridade como uma porta-voz. Para campanhas cujo objetivo é aumentar a notoriedade da marca, recomenda-se utilizar uma porta voz que não seja uma celebridade. Em relação à posição da marca no layout da propaganda foi verificado que esta deve ser colocada no topo deste layout, pois nesta posição, a celebridade não puxa toda a atenção para si mesma.

2.2.2 Análise tempo-frequência

A análise de tempo-frequência, outro tipo de análise da eletroencefalografia, é muito utilizada em processamentos de imagens, em análise de sinais e na teoria da comunicação (GRÖCHENIG, 2013). Este tipo de análise possibilita identificar os componentes da frequência do sinal, revelando as suas características variantes no tempo (FENG; LIANG; CHU, 2013). A matemática utilizada neste método conecta a área aplicada com a teórica, utilizando para isso, análises diversas, tais como, álgebras de operadores e análise numérica, teoria das equações diferenciais parciais e operadores pseudodiferenciais, teoria da representação, análise de Fourier, análise complexa e análise harmônica não comunicativa no grupo Heisenberg (GRÖCHENIG, 2013).

Um incremento que este tipo de análise fornece sobre os ERPS, é a capacidade para se visualizar o processamento paralelo de informações do cérebro, uma vez que, as oscilações em várias frequências refletem múltiplos processos neurais interagindo e ocorrendo entre si (LISMAN; BUZSAKI, 2008). Este método de análise é muito empregados em pesquisas de *neuromarketing* que utilizam o EEG.

Lucchiari e Pravettoni (2012), por exemplo, utilizaram esta análise para verificar o impacto do apego da marca nas modulações cerebrais. O processo de estímulo ocorreu da seguinte forma: os participantes degustaram três tipos de água, 1) a água mineral preferida do sujeito que foi determinada por meio de um questionário aplicado na fase pré-experimental; 2) a marca menos conhecida e de baixa qualidade e 3) a marca bem conhecida e de alta qualidade.

Para verificar este impacto do apelo emocional, os autores analisaram as ondas theta e beta nos eletrodos Fz, Cz, Pz, Oz, F3, F4, C3, C4, T3, T4, P3, P4, O1 e O2, sendo os dados de teste único realizados pelo *wavelet* de *Morlet*. Eles verificaram que o processamento da marca ocorria na região frontocentral recompensada.

Além disso, para a mesma água, a atividade dos eletrodos frontais foi diferente ao degustar a água mineral da marca favorita do participante do que ao se degustar a água mineral de “outra marca”. Os autores verificaram também que a experiência de prazer associada a marca favorita era modulada pela atividade beta. Além disso, foi verificado que as marcas conhecidas e desconhecidas modulavam a atividade theta de forma diferente. De fato, a marca favorita mostrou-se apresentar um impacto maior na atividade theta.

Os autores verificaram também a diferença das respostas dos sexos quando os três estímulos foram apresentados. A faixa beta-média mostrou-se mais elevada para mulheres do que para homens quando a marca era bem conhecida e preferida. De fato, Lucchiari e Pravettoni (2012) verificaram que as mulheres eram mais influenciadas pelo apego da marca do que os homens. No geral, foi verificado que a marca menos conhecida foi observada do mesmo modo que um feedback negativo. Deste modo, segundo os autores, a marca exerceria não somente um valor simbólico, mas também biológico.

Uma outra pesquisa de degustação utilizando a análise de tempo-frequência foi realizada por Yücel et al. (2015) e tinha como objetivo determinar a preferência de compra de café por parte dos consumidores. Na primeira etapa, os participantes teriam que dizer as primeiras cinco palavras que vinham a mente quando a palavra café era mencionada. Em seguida, os participantes teriam que degustar cinco xícaras de cafés de diferentes marcas (Jacobs, Nescafé, Café crown, Shazilli e Vip). Após terem degustados estas cinco xícaras, eles teriam que informar a respectiva marca dos cafés degustados.

Assim como na pesquisa de Lucchiari e Pravettoni (2012), Yücel et al. (2015) analisaram as ondas thetas. Contudo ao invés de serem analisadas as ondas betas, Yücel et al. (2015) analisaram as ondas alfas. De fato, nota-se que não existe um padrão de análise destas faixas espectrais, sendo que estas variam principalmente de acordo com o objetivo da pesquisa e do julgamento do pesquisador.

De fato, Yücel et al. (2015) verificaram que após a ingestão do café, os ritmos alfas tinham sido reduzidos para o ritmo theta. Além disso, foi verificado que os participantes que tomaram o café que mais gostavam mostraram-se mais relaxados e sentiam estresse quando tomavam o café que não gostavam. De fato, uma das características das ondas theta é justamente o estado relaxado, tranquilo. Como os pesquisadores também verificaram que os sujeitos ficaram estressados quando degustaram o café que não gostavam, eles também poderiam ter analisado as ondas cerebrais betas, uma vez que estas estão associadas a estados de alerta, tensão, estresse. Como conclusão, Yücel et al. (2015) verificaram que os participantes foram incapazes de associar corretamente a xícara com as respectivas marcas de cafés.

Nota-se pelos resultados dos estudos mencionados que o conhecimento de como o consumidor reage diante de uma marca (aspectos fisiológicos, cerebrais, emocionais, cognitivos) é muito importante para os profissionais de marketing. Em relação, a análise das respostas cerebrais e fisiológicas estas fornecem uma rica informação que pode ser utilizada, não somente para pesquisas de degustação, mas também para uma infinidade de ações de marketing. Astolfi et al. (2008), por exemplo, realizaram uma pesquisa para avaliar as características funcionais da rede cerebral (coincidentes com as áreas de *Brodmann*) durante a codificação bem-sucedida de um comercial de tv. Mais especificamente, estes pesquisadores queriam comparar a atividade cortical dos comerciais que foram lembrados (RMB) com a atividade cortical dos comerciais que foram esquecidos (FRG).

Para isso o processo de estímulo foi realizado da seguinte maneira: os participantes assistiram, uma vez por dia, durante cinco dias, vários documentários que tinham vários comerciais de tvs. Após 10 dias, os participantes voltaram ao local da pesquisa e informaram quais comerciais eles lembravam e quais eles não lembravam.

Para análise estatística dos dados, foi gerada uma estatística cortical da distribuição corrigida de bonferroni dos z scores para cada participante. Para apresentar os contrastes entre

os escores dos comerciais que foram lembrados com os comerciais que foram esquecidos, estes pesquisadores utilizaram a transformação de Tailarach.

Astolfi et al. (2008) acabaram verificando que existia uma forte prevalência da atividade bilateral pré-frontal comum. Ao contrário das duas pesquisas de degustação mencionadas anteriormente, estes pesquisadores verificaram que as diferenças das faixas de potência cortical entre os comerciais que foram lembrados e os comerciais que foram esquecidos eram insensíveis às faixas de frequência analisadas. Foi verificado também que a lembrança da propaganda estaria relacionada com as atividades do córtex cingulado anterior (CAC) e da área motora singular (CMA). Isto, por sua vez, segundo os autores, indicaria um papel ativo das áreas parietal (no sentido de fluxo de entradas das outras áreas corticais) e da área pré-frontal, também confirmado por estudos anteriores principalmente aqueles que utilizaram a técnica MEG.

Um outro estudo utilizando estímulos de anúncios de vídeo foi realizado por Murugappan et al. (2014). O objetivo desses pesquisadores era identificar a marca mais preferida na indústria automotiva pelos malasianos. Os eletrodos analisados foram AF3, AF4, F3, F4, F7, F8, FC5, FC6, T7, T8, P7, P8, O1 E O2. O processo de estímulo consistiu de quatro anúncios de vídeo de marcas de veículos (Proton, Audi, Suzuki e Toyota).

Em relação à análise estatística, o espectro de potência alfa foi obtido por meio da transformação rápida de Fourier (FFT), sendo extraída três características estatísticas, a energia espectral, o centróide espectral e a densidade espectral de potência. Os recursos extraídos foram, posteriormente, utilizados para desenvolver um vetor característica que foram atribuídos a dois classificadores não lineares (vizinho mais próximo e a rede neural probabilística). Foi observado, de fato, que os malasianos preferem a marca da *Toyota* se comparada com as outras três marcas.

2.2.3 Assimetria Frontal

Uma outra análise muito empregada em pesquisas que utilizam a eletroencefalografia (EEG) é a assimetria frontal. Este modelo tem sido um tópico de grande interesse por parte dos pesquisadores e vem sendo estudado a décadas pela sua capacidade em poder distinguir a valência afetiva de uma emoção (HARMON-JONES; GABLE; PETERSON, 2010, RODRÍGUEZ; REY; ALCANIZ, 2013). Este modelo postula que existe uma assimetria no lobo frontal do cérebro que permite moderar e processar diferentes respostas emocionais. De fato, muitos estudos mostram que uma diminuição da atividade frontal direita e um aumento da atividade frontal esquerda está relacionada com emoções positivas, enquanto uma diminuição na atividade frontal esquerda e um aumento na atividade frontal direita estão associados com emoções negativas (HARMON-JONES; GABLE; PETERSON, 2010, RODRÍGUEZ; REY; ALCANIZ, 2013).

Estes resultados foram verificados em pesquisas neurológicas anteriores na qual a ativação do hemisfério direito quando não inibido pelo hemisfério esquerdo tinha causado depressão e a ativação do hemisfério direito quando inibido pelo hemisfério esquerdo tinha causado euforia (HARMON-JONES; GABLE; PETERSON, 2010). Devido a estes resultados a assimetria frontal, principalmente para as ondas alfas, são muitos pesquisadas em estudos de motivação, emoção e psicopatia (SMITH et al., 2017).

Um modelo similar a simetria frontal foi proposta por Davidson, Schwartz, Saron, Bennett e Goleman em 1979. Estes pesquisadores propuseram que o cortex prefrontal direito está envolvido em um sistema que facilita a retirada de estímulos aversivos, enquanto que o cortex prefrontal esquerdo está envolvido em um sistema que facilita esta aproximação.

(OHME et al., 2010). Um terceiro modelo, por sua vez, foi proposto por Heller em 1993. Este pesquisador considera que além das região frontal (responsável pela valência emocional), como postula os dois modelos anteriores, a região parietal temporal direita (associada com a modulação da excitação autonômica e comportamental) estão envolvidas com a emoção. Em específico, a região parietal temporal direita estaria associada a níveis mais elevados de excitação (OHME et al., 2010).

De fato, as ideias deste último modelo também foram seguidas por Bos (2006), na qual as emoções positivas resultam em um alto poder beta na região parietal direita e uma maior coerência das ondas alfas na região frontal, se comparadas com as emoções negativas. Além disso, segundo estes autores, a força de uma emoção pode ser expressa com a razão entre as atividades $\frac{\beta}{\alpha}$ no lobo frontal e também pelo aumento da atividade beta no lobo parietal. Essa mesma relação, segundo Bos (2006), também pode ser utilizada para identificar o estado de excitação. Juntas, as evidências existentes sugerem que as assimetrias parietais estão associadas à percepção emocional, enquanto que as assimetrias frontais estão associadas à direção motivacional (HARMON-JONES; GABLE; PETERSON, 2010).

Até o presente momento muitos estudos independentes foram realizados que examinaram as emoções, as suas construções e as assimetrias do córtex frontal utilizando o equipamento EEG (OHME et al., 2010). A maneira mais utilizada, contudo, foca nas diferenças hemisféricas do lobo frontal. Mas, como pode-se observar, há pesquisadores que focam na relação $\frac{\beta}{\alpha}$, outros ainda, além de analisar a região frontal, analisam também a região parietal temporal direita. De fato, pesquisas empíricas fornecem a evidência que EEG ainda está em fase de avaliação da valência femoral (OHME et al., 2010). A seguir serão abordados estudos que utilizaram este método de análise cerebral.

2.2.3.1 Estudos que utilizaram a assimetria frontal

Ohme et al. (2010) realizaram uma pesquisa para identificar a ativação do cortex frontal referente a reação dos consumidores quanto a anúncios de tv. Os eletrodos foram fixados nas posições Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8. Estes pesquisadores compararam três anúncios mundialmente famosos da sony bravia (Bolas, Tintas e Play-doh). Estes três anúncios podiam ser divididos em duas partes: a primeira parte seria a parte emocional e envolvia cores, alegria, vitalidade, músicas. A segunda parte era mais informativa, envolvendo informações sobre a marca, o produto e seus benefícios.

Estes pesquisadores acabaram verificando que as reações dominantes foram apresentadas apenas para o anúncios “bolas”. Também foi verificado que os participantes reagiram de forma semelhantes quanto a parte informativa e emocional. Não foi verificado nenhum padrão semelhantes para os anúncios “tintas” e “play-doh”. Como conclusão, Ohme et al. (2010) destacam que a assimetria frontal pode ser uma boa ferramenta de diagnóstico ao examinar o potencial das propagandas. Os autores também enfatizam que a utilização de pesquisas que possuem este tipo de metodologia ajudariam muito no enriquecimento de pesquisas de marketing, uma vez que possibilita uma visão além das declarações verbais feitas pelos consumidores.

Vecchiato et al. (2011) também realizaram uma pesquisa utilizando o método da assimetria frontal para analisar as mudanças na atividade frontal durante a observação de vídeos comerciais. Em específico, estes autores queriam investigar a existência da assimetria frontal na distribuição dos sinais de espectro relacionados a apreciação de prazer. Os

eletrodos selecionados correspondem aos canais homólogos Fp2/Fp1, AF 8/ AF7, AF 4/AF3, F 8/F7, F 6/F5, F 4/F3, e F2/F1.

O processo de estímulo ocorreu da seguinte maneira: os participantes foram expostos a um vídeo (documentário) de 30 minutos. Três interrupções foram realizadas. A primeira ocorreu no início do vídeo, a segunda no meio e a terceira no final. Cada interrupção era composta de 6 comerciais de videoclips de 30 segundos de duração. Ao todo foram apresentados 18 comerciais. Após duas horas da realização do experimento, cada participante foi contatado novamente e foram pedidos para eles informarem quais comerciais foram lembrados.

Foi verificado, por estes pesquisadores, por meio de mapas de densidade espectral de potência (PSD), um aumento assimétrico na atividade theta e na atividade alfa para anúncios agradáveis no hemisfério esquerdo. Por meio de uma análise de correlação, Vecchiato et al. (2011) verificaram que um aumento na densidade espectral de potência frontais esquerda estava correlacionado negativamente com o grau de prazer recebido. Além disso, estes pesquisadores verificaram que comerciais desagradáveis resultaram em uma densidade espectral de potência mais alta do que os comerciais agradáveis.

Um outro estudo, realizado por Rodríguez, Rey e Alcañiz (2013) tinha como objetivo verificar se a ferramenta EEG emotiv EPOC era capaz de medir as alterações na ativação cerebral frontal quando um humor positivo era induzido nos participantes. Estes autores focaram nesta ferramenta devido ao seu baixo custo, a sua facilidade de manuseio e sua alta aplicabilidade em pesquisas. Como a pesquisa queria analisar as alterações na ativação frontal do cérebro, os pesquisadores selecionaram os eletrodos F3 e F4 que são os mais utilizados na literatura para analisar a valência dos participantes.

Referente ao estímulo, este foi realizado em quatro fases. Na primeira fase foi apresentado uma tela preta (estágio de descanso). Na segunda fase foram mostradas quinze imagens neutras. Na terceira fase foi apresentado outro estágio de descanso e, por fim, na última etapa, quinze imagens positivas foram apresentadas. Os pesquisadores contrabalancearam as fases dois e quatro.

Os resultados mostraram uma ativação no hemisfério esquerdo significativamente maior do que o hemisfério direito quando eles viam as imagens positivas. Em particular, esta ativação foi maior durante a indução positiva do que durante a indução negativa o que mostra, segundo os autores, que estes resultados são compatíveis com a literatura científica. Por fim, estes pesquisadores concluem que o EEG Emotiv EPOC é uma boa ferramenta de medição emocional e que poderia ser utilizada sem problemas em estudos futuros.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste artigo foi verificar quais são os métodos de análises da eletroencefalografia (EEG) que podem ser aplicados a pesquisas na área de marketing. Os objetivos específicos, por sua vez, consistiram em conhecer o que é a técnica EEG e como pode ser realizada a remoção dos ruídos / artefatos. Foi verificado, por meio da revisão da literatura, que os dados capturados da eletroencefalografia (EEG) apresentavam uma série de ruídos que deviam ser retirados para não se comprometer os resultados de sua análise.

A análise dos componentes independentes (ICA) mostrou-se ser a técnica de rotação mais poderosa para esta finalidade. Em relação à análise de dados, existem diversos métodos (ERP, a análise do tempo da frequência e a assimetria frontal) que podem ser utilizados.

Dentre estes métodos, entretanto, pode haver maneiras diferentes de análises dependendo do tipo de faixa espectral, da região cerebral, dos componentes (no caso do ERP) e dos objetivos da pesquisa. Em pesquisas que utilizam o ERP, há uma grande variedade de escolha dos componentes (N400, N200, P300, N170, dentre outros), sendo o P300 e o N400 os mais utilizados em pesquisas de *neuromarketing* que utilizam a técnica EEG.

Em relação aos estudos que utilizaram o método da análise do tempo-frequência, nota-se que há diversos métodos de análise matemática diferentes (Transformação de Fourier, Distribuição corrigida de Bonferroni, Transformação de Tailarach, Wavelet de Morlet, dentre outros) que podem ser empregados.

Para estudos que utilizam a assimetria frontal, há ainda três possibilidades de análises. A primeira delas enfatiza a inibição de um dos hemisférios. A segunda postula que o córtex prefrontal direito está envolvido em um sistema que facilita a retirada de estímulos aversivos enquanto que o córtex prefrontal esquerdo está envolvido em um sistema que facilita esta aproximação. A última, por sua vez, afirma que região frontal e a região parietal temporal direita estão envolvidas com a emoção.

No geral, pode-se observar que o emprego da técnica EEG foi mais realizada para anúncios de vídeo, o que mostra uma lacuna a ser preenchida na literatura com pesquisas futuras que utilizem outros estímulos de marketing (Por exemplo, para avaliações de embalagens, degustação). Além disso, também foi verificado que pesquisas empíricas forneciam a evidência que EEG ainda estava em fase de avaliação da valência femoral (OHME et al., 2010), devendo desta forma, ser realizadas mais pesquisas sobre os métodos de análise para esta ferramenta.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. F. C.; OLIVEIRA ARRUDA, D. M. O neuromarketing e a neurociência do comportamento do consumidor: o futuro por meio da convergência de conhecimentos. **Ciências & Cognição**, v. 19, n. 2, p. 278- 297, 2014.

ASTOLFI, L.; SORANZO, R.; CINCOTTI, F.; MATTIA, D.; SCARANO, G.; GAUDIANO, I.; MARCIANI, M.G; SALINARI, S.; FALLANI, F.V; BABILONI, F. Assessing the memorization of TV commercials with the use of high resolution EEG: A pilot study. In: **Engineering in Medicine and Biology Society, 2008. EMBS 2008. 30th Annual International Conference of the IEEE**. IEEE, 2008. p. 3755-3758.

BARRY, R. J.; CLARKE, A. R.; JOHNSTONE, S. J. A review of electrophysiology in attention-deficit/hyperactivity disorder: I. Qualitative and quantitative electroencephalography. **Clinical neurophysiology**, v. 114, n. 2, p. 171-183, 2003.

BERCEA, M. D. Anatomy of methodologies for measuring consumer behavior in neuromarketing research. **MPRA Paper**, 2012.

BERCEA, M. D. Quantitative versus qualitative in neuromarketing research. **MPRA Paper**, 2013.

BOS, D. O. EEG-based emotion recognition. **The Influence of Visual and Auditory Stimuli**, p. 1-17, 2006.

BULLEY, C. A.; ADU-BROBBEY, V.; DUODU, E. O. Neuromarketing and the Potential Application of Scientific Methods in Measuring Consumer Behaviour. In: **Handbook of Research on Consumerism and Buying Behavior in Developing Nations**. IGI global, p. 263-282, 2016.

CALDARA, R.; ROSSION, B.; BOVET, P.; HAUERT, C.A. Event-related potentials and time course of the 'other-race' face classification advantage. **Neuroreport**, v. 15, n. 5, p. 905-910, 2004.

DIAS, A.M Das' Neurociências Aplicadas ao Marketing'ao'Neuromarketing Integrativo'. **Ciências & Cognição**, v. 17, n. 1, p. 178-189, 2012.

DIAS, R.M.M.M.; ZOGAIB, F. G.; SILVA, V. F. Ganho de Força. **Fitness & Performance Journal**, v. 4, n. 6, p. 325, p.234- 331, 2005.

DELORME, A.; MAKEIG, S. EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. **Journal of neuroscience methods**, v. 134, n. 1, p. 9-21, 2004.

FENG, Z.; LIANG, M.; CHU, F. Recent advances in time–frequency analysis methods for machinery fault diagnosis: a review with application examples. **Mechanical Systems and Signal Processing**, v. 38, n. 1, p. 165-205, 2013.

FRIEDMAN, D.; CYCOWICZ, Y. M.; GAETA, H. The novelty P3: an event-related brain potential (ERP) sign of the brain's evaluation of novelty. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v. 25, n. 4, p. 355-373, 2001.

GRAY, H. M., AMBADY, N., LOWENTHAL, W. T. DELDIN, P. P300 as an index of attention to self-relevant stimuli. **Journal of experimental social psychology**, v. 40, n. 2, p. 216-224, 2004.

GRÖCHENIG, K. **Foundations of time-frequency analysis**. Springer Science & Business Media, 2013.

HARMON-JONES, E.; GABLE, P. A.; PETERSON, C. K. The role of asymmetric frontal cortical activity in emotion-related phenomena: A review and update. **Biological psychology**, v. 84, n. 3, p. 451-462, 2010.

HOLROYD, C.B.; PAKZAD-VAEZI, K.L.; KRIGOLSON, O.E. The feedback correct-related positivity: Sensitivity of the event-related brain potential to unexpected positive feedback. **Psychophysiology**, v. 45, n. 5, p. 688-697, 2008.

KHUSHABA, R.N.; WISE, C.; KODAGODA, S.; LOUVIERE, J.; KAHN, B.; TOWNSEND, C. Consumer neuroscience: Assessing the brain response to marketing stimuli using electroencephalogram (EEG) and eye tracking. **Expert Systems with Applications**, v. 40, n. 9, p. 3803-3812, 2013.

KUTAS, M.; FEDERMEIER, K.D. Thirty years and counting: finding meaning in the N400 component of the event-related brain potential (ERP). **Annual review of psychology**, v. 62, p. 621-647, 2011.

LISMAN, J.; BUZSÁKI, G. A neural coding scheme formed by the combined function of gamma and theta oscillations. **Schizophrenia bulletin**, v. 34, n. 5, p. 974-980, 2008.

LUCCHIARI, C.; PRAVETTONI, G. The Effect of Brand on EEG Modulation. **Swiss Journal of Psychology**, 2012.

MASCARO, L. **Arquitetura Do Eu**, a. Elsevier Brasil, 2008.

MORIN, C. Neuromarketing: the new science of consumer behavior. **Society**, v. 48, n. 2, p. 131-135, 2011.

MURUGAPPAN, M.; MURUGAPPAN, S.; BALAGANAPATHY; GERARD, C. Wireless EEG signals based neuromarketing system using Fast Fourier Transform (FFT). In: **Signal Processing & its Applications (CSPA), 2014 IEEE 10th International Colloquium on**. IEEE, 2014. p. 25-30.

NUNEZ, P. L.; SRINIVASAN, R. **Electric fields of the brain: the neurophysics of EEG**. Oxford University Press, USA, 2006.

OLIVEIRA, J. H. C.; GIRALDI, J. M. E. What is Neuromarketing? A Proposal for a Broader and more Accurate Definition. **Global Business and Management Research**, v. 9, n. 2, p. 19, 2017.

OHME, R.; REYKOWSKA, D.; WIENER, D.; CHOROMANSKA, A. Application of frontal EEG asymmetry to advertising research. **Journal of Economic Psychology**, v. 31, n. 5, p. 785-793, 2010.

PILELIENĖ, L.; GRIGALIŪNAITĖ, V. The effect of female celebrity spokesperson in FMCG advertising: neuromarketing approach. **Journal of Consumer Marketing**, v. 34, n. 3, 2017.

POURTOIS, G., DELPLANQUE, S., MICHEL, C. VUILLEUMIER, P. Beyond conventional event-related brain potential (ERP): exploring the time-course of visual emotion processing using topographic and principal component analyses. **Brain topography**, v. 20, n. 4, p. 265-277, 2008.

ROACH, B. J.; MATHALON, D. H. Event-related EEG time-frequency analysis: an overview of measures and an analysis of early gamma band phase locking in schizophrenia. **Schizophrenia bulletin**, v. 34, n. 5, p. 907-926, 2008.

RODRIGUES, H.; PEREIRA, A. O Stress e a Ansiedade aos Exames: Contributo do Biofeedback. In: **I Congresso Nacional da RESAPES-AP**. Apoio Psicológico no Ensino Superior: modelos e práticas p. 89-95, 2010.

RODRÍGUEZ, A.; REY, B.; ALCANÍZ, M. Validation of a low-cost eeg device for mood induction studies. **Annual Review of Cybertherapy and Telemedicine 2013**, p. 43, 2013.

SCHAAFF, K.; SCHULTZ, T. Towards emotion recognition from electroencephalographic signals. In: **Affective Computing and Intelligent Interaction and Workshops, 2009. ACII 2009. 3rd International Conference on**. IEEE, 2009. p. 1-6.

SCHUPP, H. T.; FLAISCH, T.; STOCKBURGER, J.; JUNGHOFER, M. Emotion and attention: event-related brain potential studies. **Progress in brain research**, v. 156, p. 31-51, 2006.

SMITH, E; REZNIK, S.; STEWART, J.; ALLEN, J. Assessing and conceptualizing frontal EEG asymmetry: An updated primer on recording, processing, analyzing, and interpreting frontal alpha asymmetry. **International Journal of Psychophysiology**, v. 111, p. 98-114, 2017.

TAVARES, M. C.; ENG, M.; BIOMÉDICA, Eng. EEG e Potenciais Evocados—Uma Introdução. **Contronic Sistemas Automáticos**, p. 1-13, 2011.

TEDER-SÄLEJÄRVI, W. A. MCDONALD, J. J., RUSSO, F. HILLYARD, S. A. An analysis of audio-visual crossmodal integration by means of event-related potential (ERP) recordings. **Cognitive Brain Research**, v. 14, n. 1, p. 106-114, 2002.

TEPLAN, M. Fundamentals of EEG measurement. **Measurement science review**, v. 2, n. 2, p. 1-11, 2002.

VECCHIATO, G.; TOPPI, J.; ASTOLFI, L.; FALLANI, F.V.; CINCOTTI, F.; MATTIA, D.; BEZ, F.; BABILONI, F. Spectral EEG frontal asymmetries correlate with the experienced pleasantness of TV commercial advertisements. **Medical & biological engineering & computing**, v. 49, n. 5, p. 579-583, 2011.

WANG, X.; QINGGUO, M.; WANG, C. N400 as an index of uncontrolled categorization processing in brand extension. **Neuroscience letters**, v. 525, n. 1, p. 76-81, 2012.

WU, C.; LIU, Y; QUINN-WALSH, C.M. Queuing network modeling of a real-time psychophysiological index of mental workload—P300 in event-related potential (ERP). **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans**, v. 38, n. 5, p. 1068-1084, 2008.

YÜCEL, N.; YÜCEL, A., YILMAZ, A. S., ÇUBUK, F., ORHAN, E. B., ŞİMŞEK, A. İ. Coffee tasting experiment from the neuromarketing perspective. In: **The 2015 WEI International Academic Conference Proceedings, Harvard-USA**. 2015. p. 29-35.