

SUBSTRATO NEURAL DAS FUNÇÕES MENTAIS: RELAÇÃO ANATÔMICA E FUNCIONAL EVIDENCIADA A PARTIR DE PESQUISAS COM NEUROIMAGEM FUNCIONAL.

Silvana Regina de Melo

Doutora em Anatomia Humana pela Universidade de São Paulo - USP, Docente de Anatomia Humana do Departamento de Ciências Morfológicas da Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá, PR; E-mail: srmelo@uem.br.

Patrícia Ribeiro

Discente do Curso de Especialização em Anatomia e Histologia: Métodos de Ensino e Pesquisa do Departamento de Ciências Morfológicas da Universidade Estadual de Maringá– UEM, Maringá, PR.

RESUMO: Um dos grandes desafios da neurociência é encontrar o substrato neural das funções mentais. Este processo teve início no século XVII, mas foi no século XX que a ciência voltou-se para a tentativa de relacionar área e função cerebral, alavancada pelo desenvolvimento de técnicas denominadas neuroimagem funcional. A quantidade de pesquisas utilizando esta técnica cresce vertiginosamente em várias áreas da ciência, e por isso, este estudo teve como objetivo identificar na revista brasileira *Scientific American - Mente & Cérebro*, as publicações relacionadas às pesquisas de neuroimagem publicadas entre 2008 a 2011. Uma das dificuldades encontradas foi localizar algumas estruturas anatômicas citadas pelos autores devido à falta de normatização da terminologia anatômica. Apesar dos problemas detectados procurou-se destacar as diferentes descrições funcionais para algumas áreas: à insula atribui-se, percepção interorreceptiva, pensamento autorreferencial, controle da atenção, capacidade de previsão relacionada à preocupação, prazer ao realizar ação considerada boa pela sociedade (doação) e senso de justiça. Ao córtex orbital posterior atribui-se satisfação de necessidades primárias como sexo, enquanto ao córtex orbital anterior, desejos secundários como reconhecimento social, irritabilidade, impulsividade e sensação de prazer. Deve-se ter cautela na análise dos resultados pois as pesquisas mostram que uma determinada função mental ativa simultaneamente diferentes áreas.

PALAVRAS-CHAVE: Neuroanatomia Funcional; Neuroimagem Funcional; Ressonância Magnética Funcional.

NEURAL SUBSTRATES OF MENTAL FUNCTIONS: ANATOMIC AND FUNCTIONAL RELATIONSHIP BY RESEARCH WITH FUNCTIONAL NEURO-IMAGE

ABSTRACT: One of the greatest challenges in neuroscience is to find the neural substrate of mental functions. The process started in the 17th century although only in the 20th century science, based on the development of techniques called functional neuroimages, really tried to relate brain area and function. Research on the subject is on the increase in several areas of science. Current study identifies publications on neuroimage research in the Brazilian journal *Scientific American - Mente & Cérebro* published between 2008 and 2011. A relevant difficulty was the location of some anatomical structures quoted by authors, due to precise anatomic terminology. In spite of these issues, the different functional descriptions for some areas should be underscored. Interoceptive perception, self-referential thought, attention control, forecasting capacity related to concern, pleasure in undertaken a good action (such as giving a donation) and a sense of justice are attributed to the insula. The satisfaction of primary needs such as sex is attributed to the posterior orbital cortex, whereas secondary desires such as social acknowledgement, irritability, impulsiveness and pleasure are attributed to the anterior orbital cortex. However, care must be taken

in the analysis of these results since research shows that a certain mental function may activate simultaneously different areas.

KEY WORDS: Functional Neuroanatomy; Functional Neuroimage; Functional Magnetic Resonance.

INTRODUÇÃO

Estamos no século XXI e um dos grandes desafios da neurociência continua sendo, identificar a localização das estruturas anatômicas relacionadas às funções mentais. A ciência despertou para esta questão com a Sociedade de Frenologia criada na França no século XVII, mas foi um estudo de caso de Pierre Paul Broca no século XVIII que despertou o espírito “localizacionista”, iniciando uma verdadeira corrida científica. Apesar do tempo decorrido, foi no século XX que a ciência voltou-se novamente para a tentativa de relacionar área e função cerebral, alavancada pelo desenvolvimento de técnicas que permitem a visualização do cérebro em vida.

Tais técnicas são denominadas genericamente de neuroimagem funcional, e incluem exames como a tomografia por emissão de pósitrons (PET), emissão de fóton (SPECT) e a ressonância magnética funcional (RMF). Por meio destas é possível identificar a atividade das áreas cerebrais, pois nas regiões com maior atividade os neurônios consomem mais energia e, conseqüentemente recebem mais irrigação sanguínea, sendo o aumento da perfusão do sangue detectado pelo equipamento (LOUZADA, 2011).

Assim, o princípio da RMF é baseado na oxigenação sanguínea (OGAWA et al., 1990) uma vez que em áreas com maior atividade neuronal, há maior oferta de oxigênio o que causa aumento da concentração regional de hemoglobina saturada de oxigênio (oxi-hemoglobina). Essa molécula tem propriedades magnéticas diferentes da hemoglobina não saturada (desoxi-hemoglobina). Deste modo, ao utilizar técnicas especiais pode-se observar pequenas alterações da intensidade do sinal devido à atividade cerebral, provocada pela apresentação de diferentes estímulos (visuais, auditivos, sensitivos e mesmo olfativos e gustativos). A principal vantagem de tais métodos é a possibilidade de repetir várias vezes

cada estudo no mesmo paciente, já que não há radiação ionizante ou necessidade de injeção de contraste (AMARO JUNIOR; YAMASHITA, 2001). No entanto, há desvantagens como a claustrofobia e ansiedade causadas pelo aparelho em forma de túnel estreito e escuro. Além disso, se não forem tomados cuidados metodológicos corretos o ruído provocado pelo aparelho pode interferir no objeto de estudo quando esse envolve processamento auditivo (ARCURI; MCGUIRE, 2001).

O PET e SPECT têm como princípio básico a instrumentação utilizada que é apenas receptora de informação, ou seja, para se obter imagens é necessário administrar nos pacientes um rádio fármaco marcado, com emissor de pósitrons para PET ou emissor de fóton simples para SPECT. Embora a ressonância magnética funcional tenha vantagens sobre PET e SPECT, estes últimos ainda representam bons modelos para quantificação de informação, pois, ampliam a capacidade de estudo das funções cerebrais, como a neurotransmissão e os neurorreceptores (COSTA; OLIVEIRA; BRESSAN, 2001).

Como tais técnicas permitem mapear o cérebro em diferentes áreas investigando suas respectivas funções, a quantidade de pesquisas utilizando este princípio cresce vertiginosamente em várias áreas da ciência. Assim como, a divulgação das respectivas pesquisas, que ocorrem em revistas científicas de acesso restrito e publicadas em língua estrangeira à revistas de acesso popular publicadas em português, como a revista brasileira *Mente & Cérebro*. Desse modo, este estudo teve como objetivo identificar nesta revista as publicações relacionadas aos estudos de neuroimagem.

2 METODOLOGIA

Foram lidas as edições de 2008 a 2011 da Revista Brasileira *Scientific American - Mente & Cérebro* e selecionados os artigos que estabeleceram relação entre áreas cerebrais evidenciadas por pesquisas de neuroimagens. Os resultados foram compilados em formato de tabela e a citação de autoria não ocorreu em todos os artigos por não constar em todas as descrições da revista.

3 DESENVOLVIMENTO

Foram lidas todas as revistas publicadas no período estipulado e selecionados 41 artigos com o tema neuroimagem e áreas cerebrais. O critério de inclusão adotado foi clareza científica entre metodologia e área cerebral. Os artigos selecionados foram dispostos em três tabelas (de acordo com a quantidade de áreas ativadas pelo estudo), a metodologia utilizada, as áreas cerebrais ativadas durante o método empregado e a relação funcional sugerida pelo estudo.

Apesar dos estudos de neuroimagem apresentar precisão em relação à localização anatômica, um dos maiores problemas foi a questão da nomenclatura utilizada pelos estudiosos e a falta de referência bibliográfica do artigo original. Está bem definido que duas classificações são úteis para a referência neuroanatômica. A anatômica que tem como base a Terminologia Anatômica Internacional (COMISSÃO..., 2001), e a funcional que segue a proposta inicial de Luria (1981). Constatou-se que a falta de normatização da nomenclatura, gerou dificuldade para

localizar algumas estruturas anatômicas. Foi o caso de citações como “lobo lateral” quando não há lobo com esta nomenclatura, “subgenua” quando esta mesma área é também denominada de cingulado anterior rostral, “córtex póstero medial” para se referir a uma região da face medial do lobo parietal e lobos temporais frontais. Dessa forma, a fim de normatizar e uniformizar a terminologia, quando encontrou-se embasamento na Nomenclatura Anatômica realizaram-se as seguintes modificações. O termo amígdala foi substituído para corpo amigdalóide, cingulado para cíngulo, uncinato para uncinado, estriado para corpo estriado. Outra questão importante foi a referência às extensas áreas cerebrais, como córtex visual (quando a área visual apresenta-se em várias regiões cerebrais) e sistema límbico (não está totalmente definido que regiões formam este sistema).

Quadro 1. Pesquisas que apontam a ativação de uma área cerebral analisada por neuroimagem (* representam os termos anatômicos sem correspondência na Nomina Anatômica, ou termos de descrição funcional).

(continua)

Metodologia e fonte do estudo.	Área cerebral ativada durante a execução da tarefa.	Relação funcional da área cerebral sugerida pelo estudo.
Voluntários ouviam seus próprios batimentos cardíacos por meio de fones de ouvidos em tempo real ou atrasados em meio segundo, e tinham que decidir qual dos dois sinais era correto (HERWIG, v. 216, p. 61-63, 2011).	Córtex da ínsula.	A percepção interorreceptiva dependeria da ínsula.
Voluntários avaliavam se uma série de adjetivos aplicava-se a si próprios ou a pessoas conhecidas. Somente quando atribuíram a si mesmos, independente se eram atributos positivos ou negativos houve maior ativação na região cerebral (HERWIG, v. 216, p. 62, 2011).	Córtex pré-frontal (medial).	Autorreconhecimento.
Mudanças no comportamento de um indivíduo, como pulsões pedófilas, exacerbação das pulsões sexuais e falta de controle foram provocadas pela compressão do lobo frontal direito devido a um tumor na fossa craniana anterior (OVI-DIA, v. 222, p. 64, 2011).	Região pré-frontal direita.	A área pré-frontal direita desempenharia papel fundamental no controle comportamental relacionado à sexualidade.
Voluntários eram submetidos às condições para despertar as seguintes emoções: <u>Admiração</u> (por ato de bondade e de generosidade ou habilidades excepcionais como músicos excepcionais). <u>Empatia</u> (por despertar a compaixão em relação a dores físicas como sentimento pela vítima de um acidente de trânsito) ou pela miséria psicológica (por uma pessoa que perdeu sua casa em um incêndio ou um parente, por doença). A admiração pelas habilidades e empatia pelas dores físicas ativaram região cerebral específica (LEAL, v. 224, p. 42, 2011).	Córtex póstero medial*.	A característica comum neste par de condições (habilidades e dores físicas) seria a participação do corpo com seus aspectos externos voltados para ação.

(continua)

Voluntários observaram fotografias de contorcionistas em posições comuns e em gestos mais complexos, onde o objetivo era investigar qual área do cérebro seria ativada ao ver uma pessoa em uma posição que não conseguimos reproduzir (LEAL, v. 224, p. 72, 2011).	Corpo estriado (área extra-estriada*).	Esta área estaria relacionada ao sistema visual, ou ao conflito gerado pela incapacidade de produzir movimento.
Voluntários preencheram um teste de personalidade, e em seguida, injetou-se em cada participante uma dose de anfetamina para observar como o cérebro reagiria à droga. No grupo que revelou tendências impulsivas e antissociais houve maior atividade da uma região (UHLHAAS, v. 225, p. 76, 2011a).	Núcleo <i>acumbens</i>	Nos indivíduos com tendências impulsivas e antissociais (psicopatas) o sistema dopaminérgico seria hiperativo, o que estimularia a tendência a comportamentos impulsivos.
Voluntários participavam de um jogo de azar onde as recompensas eram uma nota de 20 euros ou fotos eróticas. As diferentes recompensas ativaram diferentes regiões do córtex pré-frontal (UHLHAAS, v. 226, p. 74, 2011b).	Córtex orbital: parte posterior ativada pelas imagens eróticas, e parte anterior ativada pelo dinheiro.	O córtex orbital teria duas regiões funcionalmente diferentes: região posterior seria responsável pela satisfação de necessidades primárias e a região anterior seria relacionada a desejos secundários como obter reconhecimento pois dinheiro tem essa representação em nossa sociedade.
Indivíduos que praticavam meditação apresentaram maior volume em determinada área cerebral (CHRISTANTE, v. 207, p. 18, 2010b).	Córtex do cíngulo anterior.	A região participaria do controle da atenção.
Voluntários deveriam prever a perda significativa de dinheiro em um futuro próximo (preocupação) (STERN, v. 206, p. 41, 2010).	Córtex da ínsula anterior.	Capacidade de previsão estaria relacionada à preocupação.
Dançarinos, capoeiristas e não-praticantes observaram vídeos de três segundos de movimentos de balé e capoeira sem áudio. Nos voluntários que sabiam executar os movimentos houve maior atividade no lobo frontal (BROWN; PARSONS, v. 193, p. 66, 2009).	Córtex pré-motor*	A experiência dos observadores teria grande influência no córtex pré-motor.
Psicopatas apresentaram alterações numa região de substância branca (NIEMI, 201, p. 18, 2009).	Fascículo uncinado.	Esta região pode aumentar a composição das áreas da base biológica da psicopatia. As outras áreas seriam corpo amigdalóide, córtex orbito-frontal.
Pacientes com a síndrome do intestino irritável, convictos que tinham recebido analgésico (quando isso não tinha acontecido) apresentaram atividade neural reduzida em algumas regiões cerebrais (NIEMI, v. 201, p. 40, 2009).	Regiões primárias somatossensoriais* (processadoras da dor).	Estímulos como roupa típica dos médicos, aparelhos e odores característicos seriam suficientes para deflagrar reações físicas inconscientes. Assim, apenas a visão do médico com a seringa na mão já poderia desencadear, em algumas pessoas, efeito positivos, se a situação já foi anteriormente perceptível.
Voluntários de (crianças e adolescentes) com transtorno bipolar e sem diagnóstico do transtorno psiquiátrico observaram fotografias com diferentes expressões de emoção. Quando os bipolares olhavam para retratos que expressam raiva havia maior ativação cerebral em uma região cerebral (UHLHAAS, v. 180, p. 22, 2008).	Córtex orbito-frontal.	Esta região estaria relacionada à irritabilidade e impulsividade.
Voluntários que gostavam de vinho tinto, beberam cinco tipos diferentes de vinho identificados pelo preço. O objetivo foi medir o grau de ativação do córtex orbito-frontal medial (COFM). A teoria sugere que esta área é ativada quando experimenta-se experiências prazerosas (BOWER; PARSONS, v. 182, p. 18, 2008).	Ativação da região do COFM ocorreu proporcional do preço do vinho, ou seja, quanto mais alto maior a atividade.	O prazer nestes indivíduos estaria relacionado mais à elementos externos sociais do que propriamente o sabor.

(conclusão)

<p>Para distinguir a possível função do cerebelo na motricidade e sensibilidade, o seguinte experimento com quatro etapas foi realizado: No primeiro imobilizaram-se as mãos e esfregaram pedaços de lixa suavemente sobre seus dedos. Eventualmente era solicitado aos voluntários que comparassem a textura de dois tipos diferentes de lixa. Ambas as tarefas eram puramente sensoriais, mas a segunda requeria que cada pessoa discriminasse o que sentia em cada mão. No segundo, envolvia aspectos sensoriais e motores. O voluntário colocava suas mãos dentro de sacos diferentes contendo pequenas bolas de madeira com formas e textura diferentes. Na primeira fase foi instruído a pegar e largar as bolas sem prestar atenção nas formas. Na segunda tarefa, foi orientado a comparar a forma e a textura de duas bolas cada vez que pegasse uma em cada uma das mãos (BOWER; PARSONS, v. 182, p. 72, 2008).</p>	<p>Menor atividade para tarefas motoras. Maior atividade quando avaliavam o que sentiam durante o movimento ou não.</p>	<p>O cerebelo teria participação maior no processamento sensorial do que no processamento puramente motor.</p>
---	---	--

Quadro 2. Pesquisas que apontam a ativação de duas áreas cerebrais analisadas por neuroimagem (* representam os termos anatômicos sem correspondência na Nomina Anatômica, ou termos de descrição funcional).

(continua)

Metodologia do estudo com voluntários (saudáveis e outros) e fonte do estudo.	Área cerebral ativada durante a execução da tarefa.	Relação funcional da área cerebral sugerida pelo estudo.
<p>Voluntários jogavam vídeo game cujo movimento do carro era controlado eventualmente pelo computador. Enquanto observavam suas próprias ações houve ativação de diferentes regiões (HERWIG, v. 216, p. 62, 2011)</p>	<p>Córtex pré-frontal, lobo parietal inferior.</p>	<p>Estariam relacionados à percepção do que é gerado pelo próprio corpo e distinção do que é gerado por estímulo externo.</p>
<p>Foi avisado ao primeiro grupo de voluntários que lhes seriam apresentadas imagens desagradáveis, enquanto aguardavam as fotografias, e solicitado que mantivessem calma. Na segunda parte foi solicitado ao outro grupo que aguardasse a exibição das cenas, mas não foi dado nenhuma instrução que pudesse fazê-los criar expectativas. No primeiro grupo que houve atividade em diferentes áreas (HERWIG, v. 216, p. 63, 2011).</p>	<p>Córtex pré-frontal (maior atividade), corpo amigdalóide (menor atividade).</p>	<p>Sugere-se que pensar sobre uma situação pode-se reestruturá-la de forma positiva e tomar decisões para contêmham as respostas emocionais.</p>
<p>Indivíduos idosos foram avaliados por meio de exame neuropsicológico (orientação espacial, memória e compreensão linguística). O exame foi repetido três anos depois nos voluntários que continuaram psicologicamente saudáveis. Neste grupo a substância cinzenta permaneceu constante enquanto nos outros indivíduos houve redução em duas regiões (HERWIG, v. 216, p. 72, 2011).</p>	<p>Hipocampo e lobo frontal.</p>	<p>As áreas reduzidas estariam relacionadas às cognições avaliadas.</p>
<p>Nos autistas as seguintes áreas estão inativas (HOOD, v. 222, p. 52-55, 2011).</p>	<p>Córtex pré-frontal: córtex da insula frontal e do cíngulo anterior.</p>	<p>Nos indivíduos sem o transtorno estas áreas estariam normalmente ativadas por interações sociais.</p>
<p>Voluntários saudáveis e com TPB (Transtorno de Personalidade Borderline), desempenharam tarefa que demandava reação diante de palavras negativas, positivas e neutras. Nos indivíduos com TPB houve atividade diminuída em determinada região e aumentada em outra (AUSTIN-SMALL, v. 220, p. 51, 2011).</p>	<p>Córtex pré-frontal (diminuição de atividade); Corpo amigdalóide-(hiperatividade).</p>	<p>Pessoas dramáticas e aflitas teriam a rede de circuitos do corpo amigdalóide mais potente e do córtex pré-frontal menos potente, gerando incapacidade de controle de respostas às emoções negativas.</p>
<p>Comparando grupo de mulheres fumantes com abstinente observou-se que neste último grupo ao olhar imagens de objetos associados ao cigarro algumas regiões cerebrais reagiam mais intensamente (GROMAN; SCHWEINZER, v. 223, p. 58, 2011).</p>	<p>Córtex pré-frontal: da insula; do cíngulo anterior (parte dorsal).</p>	<p>Ambas as áreas controlariam a atenção, sendo que o córtex do cíngulo teria papel de controlador sobre o córtex da insula.</p>

(continua)

O cérebro de voluntários que tiveram um período de ócio entre as atividades de memorização aumentou a capacidade de recordar imagens que haviam sido apresentadas anteriormente (UHLHAAS, v. 206, p. 22, 2010b).	Hipocampo e córtex cerebral.	A interação entre o hipocampo e o córtex cerebral no período de descanso melhoraria a memória.
Indivíduos cegos (sendo alguns desde o nascimento), e normais foram submetidos à teste de sensibilidade olfativa, cujo resultado foi semelhante em ambos os grupos, mas a atividade cerebral foi diferente, pois nos cegos havia maior atividade em duas regiões (CHRISTANTE, v. 210, p. 19, 2010a).	Córtex olfatório e córtex visual*.	A área visual do cérebro dos cegos passou por uma reorganização, o que talvez favoreceu a atenção dedicada aos estímulos olfativos, o que as pessoas que enxergam, distraídas por outras sensações, não fazem. Os cegos não teriam olfato mais apurado que as pessoas que enxergam, na realidade prestariam mais atenção aos odores presentes nos saudáveis ambientes.
Pessoas com privação do sono apresentaram diferenças na ativação de áreas cerebrais (UHLHAAS, v. 212, p. 6, 2010c).	Corpo amigdalóide, aumento na ativação; córtex pré-frontal, diminuição	As alterações observadas nestes indivíduos seriam semelhantes às de pessoas deprimidas.
Voluntários que tinham medo de cobra e outros que estavam acostumados a lidar com o animal foram alvos de experimento para estudar atitudes corajosas. Uma serpente viva e não venenosa foi colocada em uma esteira próxima dos participantes, que podiam escolher entre afastá-la ou aproximá-la até uma distância de 20 cm de sua cabeça. Alguns participantes aproximavam-se da serpente e para aqueles que preferiram afastar o animal. Na situação controle os pesquisadores usaram ursinho de pelúcia em substituição à serpente. Verificou-se atividade em áreas diferentes em cada situação (UHLHAAS, v. 213, p. 74, 2010d).	Córtex do cíngulo subgenual* foi ativado naqueles que se aproximavam da serpente (ato de coragem) e Corpo amigdalóide naqueles que preferiram se afastar (medo). Quando se aproximaram do ursinho de pelúcia, houve baixa atividade cerebral das regiões analisadas.	O corpo amigdalóide seria uma região associada ao medo, e o córtex do cíngulo (subgenual) ao controle do medo.
Alguns voluntários foram convidados a administrar um fundo de U\$ 100, onde poderiam fazer doações a determinado fundo solidário. Ao fazer a doação houve maior atividade de duas regiões (OVADIA, 215, p. 22, 2010).	Núcleo <i>acumbens</i> e ínsula .	As mesmas áreas que são ativadas quando se doa um bem seriam ativadas quando se come um alimento desejado ou se faz sexo.
Foi apresentado a voluntários, duas combinações de imagens: Grupo I- figuras inéditas (nunca vistas), misturadas a outras, bastante divulgadas na mídia; Grupo II- imagens vistas pelos participantes. Neste último grupo houve menor ativação no mesencéfalo, e hipocampo. Evidenciando que ativação de áreas produtoras de dopamina influencia no processo de memorização. (FENKER; SCHÜTZ, v. 193, p. 42, 2009).	Mesencéfalo (substância negra e área tegmentar ventral) e hipocampo.	Um contexto com inovação aumentaria a capacidade de retenção da memória.
Voluntários budistas tiveram seus cérebros analisados ao alcançaram pico de meditação, e verificou-se ativação diferente nas regiões (BIELLO, v. 194, p. 63, 2009).	Porção* do lobo parietal (diminuição na atividade) córtex pré-frontal direito (aumento).	O aumento da atividade pré-frontal sugere que esta área estaria relacionada à concentração intensa.
Pessoas brancas foram avaliadas enquanto visualizavam rostos negros e brancos em tempos diferentes. Na observação rápida as faces negras provocaram maior ativação de uma região, enquanto que na observação mais demorada ativou-se outra área (CARPENTE, v. 196, p. 57, 2009).	Corpo amigdalóide (observação rápida), áreas pré-frontais (observação mais demorada).	O corpo amigdalóide estaria associado à vigilância, emoção e medo, e as áreas pré-frontais estão associadas à detecção de conflitos internos e ao controle de respostas.
Voluntários com pontuações maior e menor em testes de inteligência realizaram tarefas difíceis que sobrecarregavam a sua memória operacional. Nos indivíduos com maior pontuação houve maior atividade em diferentes regiões (HOPPE; STOJANOVIC, v. 189, p. 40, 2008).	Córtex: pré-frontal e parietal.	Os superdotados apresentariam rede neural mais desenvolvida.

(conclusão)

Para examinar o efeito no cérebro entre mentira e verdade, voluntários reproduziram uma série de perguntas e respostas, onde teriam que imitar o ato de mentir e em outras condições deveriam pronunciar enunciados verdadeiros. Durante a mentira ativou-se várias áreas (ROSS, v. 189, p. 54, 2008).	Córtex do cíngulo anterior e parte do pré-frontal esquerdo.	Diferentes áreas da região pré-frontal estariam associadas à mentira, evidenciando que o processo exige pensamento complexo.
Foi verificado o cérebro de indivíduos apaixonados, onde os mesmos observavam alternadamente a foto da pessoa amada e outra neutra. Em pequenos intervalos de tempo eles eram submetidos a um tipo de distração para atenuar suas sensações e sentimentos. Durante a observação da foto do amado as diferentes regiões foram ativadas (CORRÊA, v.190, p. 33, 2008).	*Partes do núcleo caudado e área tegmentar ventral direita (ATV) do mesencéfalo.	Em ambas as regiões a dopamina seria uma substância central, e estas regiões seriam consideradas como sistema de recompensa.

Quadro 3. Pesquisas que apontam a ativação de três ou mais regiões cerebrais analisadas por neuroimagem (* representam os termos anatômicos sem correspondência na Nomina Anatômica, ou termos de descrição funcional).

(continua)

Metodologia do estudo com voluntários (saudáveis e outros) e fonte do estudo.	Área cerebral ativada durante a execução da tarefa.	Relação funcional da área cerebral sugerida pelo estudo.
Voluntários deveriam responder às perguntas sobre notícias divulgadas pela mídia ao longo dos últimos 30 anos. Os eventos antigos provocaram diferentes intensidades de ativação de diferentes (COSTANDI, v. 227, p. 63-65, 2011).	Lobos temporais "frontais", parietais e laterais * (maior ativação), corpo amigdalóide e hipocampo (menor ativação).	Com o passar do tempo o armazenamento de uma lembrança migraria do hipocampo para áreas como córtex frontal.
Voluntários olhavam fotografias de outras pessoas e de si mesmos, e neste último caso houve aumento da ativação de diferentes áreas (HERWIG, v. 216, p. 62, 2011).	Córtex: do cíngulo, pré-motor, da ínsula, somatossen-sorial*.	Pensamento autorreferencial.
Pessoas com tricotilomania (mania de puxar os fios de cabelo) apresentavam substância cinzenta mais "densas" tanto em áreas corticais como subcorticais (RUFER, v. 217, p. 52, 2011).	Corpo estriado, corpo amigdalóide, hipocampo.	O maior desenvolvimento do corpo estriado estaria relacionado ao hábito de puxar o fio, e amígdala e hipocampo ao aprendizado associado às emoções.
Voluntários eram informados de um delito cometido, as condições sócio-ambientais e as relações entre as pessoas envolvidas. Com base nessas informações os participantes deveriam dar seu veredicto e indicar uma punição que variava de zero (nenhuma) a nove (máxima) (UHLHAAS, v. 224, p. 73, 2011c).	Córtex pré-frontal (dorsolateral direito) para ato de pensar e julgar. Corpo amigdalóide e córtex do cíngulo para determinar a punição.	O senso de justiça relacionado ao julgamento ativaria a região do pré-frontal dorsolateral enquanto punição provocaria ativação do corpo amigdalóide e região pré-frontal medial.
Voluntários do sexo masculino (tratamento contra dependência há 15 anos) que visualizavam imagens de objetos relacionados à cocaína, apresentaram ativação de diferentes regiões (UHLHAAS, v. 214, p. 26, 2010a).	Corpo amigdalóide, corpo estriado, globo pálido e ínsula.	Estímulos não conscientes (sutis e não percebidos pela consciência) excitariam o centro de recompensa.
Voluntários participavam de jogo onde foi simulado uma proposta injusta que provocou ativação de diversas áreas cerebrais (HUBERT; KENNING, v. 196, p. 51, 2009).	Ínsula (parte anterior), córtex do cíngulo (anterior), parte do lobo frontal, e o córtex pré-frontal (dorso lateral).	O senso de justiça estaria relacionado a diferentes áreas cerebrais, localizadas principalmente no lobo frontal.
Comparou-se o cérebro de adolescentes matematicamente superdotados com outros de habilidade matemática média, enquanto giravam objetos mentalmente para tentar fazer correspondência destes com um item alvo. Nos superdotados houve maior atividade metabólica nas seguintes regiões (HOPPE; STOJANOVIC, v. 189, p. 40, 2008),	Lobo parietal, córtex frontal e do cíngulo anterior em ambos os hemisférios.	Cérebros com maior potencial de inteligência teriam maior gasto metabólico. Mas ao contrário de teorias clássicas, haveria atividade de ambos os hemisférios.

(conclusão)

Para identificar as áreas cerebrais envolvidas no ato de coçar, foi provocado reação com histamina (que desencadeia coceira) em voluntários, onde verificou-se ativação de várias áreas (GIELER; WALTER, v. 189, p. 68, 2008).	Lobos frontal e temporal esquerdo, e cerebelo esquerdo.	A relação do cerebelo e lobo frontal é compreendida pela relação da motricidade desempenhada, mas o envolvimento do lobo temporal precisaria ser melhor estudado.
Crianças que apresentavam esquizofrenia (HYMAN, v. 189, p. 63, 2008).	Perda intensa da substância cinzenta em todos os lobos cerebrais.	As anomalias biológicas provavelmente estariam relacionadas aos sintomas psicóticos.
Voluntários tinham que escolher entre receber um vale para um site de compras (Amazon.com) naquele momento (recompensa instantânea) ou um valor maior alguns dias depois (recompensa tardia), o que provocou ativação em diferentes regiões (BUCHANAN, v. 196, p. 37, 2009).	Sistema límbico* na recompensa instantânea, e córtex pré-frontal na recompensa tardia.	A escolha de recompensa instantânea estaria relacionada às emoções e a escolha de recompensa tardia ao planejamento racional.
O estudo foi realizado com mulheres que deram à luz por meio do parto vaginal e, submetidas ao parto cesáreo. Durante as quatro semanas seguintes ao nascimento o cérebro das mulheres foi examinado quando estas ouviam a gravação do choro de seus bebês. O estímulo causado pelo choro ativou de diferente modo diversas* áreas cerebrais (CHRISTIANTE, v. 190, p. 18, 2008).	Houve ativação nas mães de parto normal, e ativação de pouca intensidade ou não ativação naquelas que passaram pela cesariana.	A grande liberação do hormônio ocitocina estaria relacionada ao vínculo emocional da mãe em relação ao filho, alterando circuitos neuronais em diferentes áreas

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A identificação do substrato neural das funções mentais sofreu grande impacto com a tecnologia da neuroimagem funcional, porém as metodologias e os resultados ainda precisam ser refinados. A compilação de diferentes pesquisas sobre uma mesma região atribui a esta diversas funções complexas, como exemplo a ínsula, que seria responsável por percepção interorreceptiva, pensamento autorreferencial, controle da atenção, capacidade de previsão relacionada à preocupação, prazer ao realizar ação considerada boa pela sociedade (doação) e senso de justiça. Tais resultados geram dúvida sobre a especialização funcional. Enquanto o córtex pré-frontal seria responsável pelo planejamento racional, controle de respostas, inteligência relacionada à habilidade matemática, memória operacional, percepção do movimento gerado pelo corpo, pensamento e auto-controle. Ainda no córtex pré-frontal, mais especificamente o córtex pré-frontal medial seria responsável pelo autorreconhecimento, e o córtex pré-frontal direito pelo controle do pensamento e de comportamentos relacionados à sexualidade. O córtex pré-frontal esquerdo estaria relacionado ao ato de mentir e o córtex pré-frontal (dorsolateral direito) ao senso de justiça relacionado ao ato de julgar. Ao córtex do cíngulo

atribui-se o pensamento autorreferencial, controle do medo, ao córtex do cíngulo anterior o controle da atenção, senso de justiça, relacionado ao ato de mentir. O corpo amigdalóide estaria relacionado à respostas emocionais, memória emocional, memória relacionada ao uso de drogas, pensamento relacionado à punição, e medo. O córtex orbital posterior estaria relacionado à satisfação de necessidades primárias como sexo, e córtex orbital anterior, desejos secundários como reconhecimento social, irritabilidade e impulsividade, sensação de prazer.

Devemos ter cautela nas análises dos resultados, pois como mostrado em algumas pesquisas uma função mental ativa ao mesmo tempo áreas diferentes, uma única área é apontada como responsável por funções distintas e há o problema da nomenclatura adotada pelo autor da pesquisa. No entanto, devemos considerar esta valiosa ferramenta se houver refinamento do método e principalmente da descrição anatômica, pois esta é fundamental. Afinal a proposta ainda continua sendo relacionar área cerebral e função mental.

REFERÊNCIAS

- AMARO JUNIOR, E., YAMASHITA, H. Aspectos básicos de tomografia computadorizada e ressonância magnética. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, v. 23, supl I, p. 2-3, 2001.
- ARCURI, S. M.; MCGUIRE, P. K. Ressonância Magnética Funcional e sua contribuição para o estudo da cognição em esquizofrenia. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, v. 23, sup I, p. 38-41, 2001.
- AUSTIN-SMALL, O. Perigosas ligações. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 220, p.51, maio, 2011.
- BIELLO, D. Deus no cérebro. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 194, p. 63, mar. 2009.
- BOWER, J. M.; PARSONS, L. M. O pequeno cérebro. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 182, p. 72, mar. 2008.
- BROWN, S.; PARSONS, L. M. Coreografias cerebrais. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 193, p. 66, fev. 2009.
- BUCHANAN, M. Por que o dinheiro mexe com a cabeça. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 196, p. 37, maio 2009.
- CARPENTE, R. S. Sutilezas do preconceito. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 196, p. 57, maio 2009.
- CHRISTANTE, L. Parto normal reforça vínculo entre mãe e bebê. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 190, p. 18, nov. 2008.
- CHRISTANTE, L. A ciência desvenda sensibilidade olfativa dos cegos. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 210, p. 19, jul. 2010a.
- CHRISTANTE, L. Meditação “engrossa” o cérebro para reduzir a dor. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 207, p. 18, abr. 2010b.
- COMISSÃO FEDERATIVA DA TERMINOLOGIA ANATÔMICA E FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DE ASSOCIAÇÕES DE ANATOMISTAS. **Terminologia anatômica internacional**. Trad. da Sociedade Brasileira de Anatomia. São Paulo: Manole, 2001.
- CORRÊA, A. S. Quando o amor acaba. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 190, p. 33, nov. 2008.
- COSTA, D. C.; OLIVEIRA, J. M. A.; BRESSAN, R. A. PET e SPECT em neurologia e psiquiatria: do básico às aplicações clínicas. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, v. 23, supl I, p. 4-5, 2001.
- COSTANDI, M. Onde moram as cobranças. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 227, p. 63-65, dez. 2011.
- FENKER, D.; SCHÜTZE, H. O. Fascínio da surpresa. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 193, p. 42, fev. 2009.
- GIELER, U.; WALTER, B. Coceira: incômodo ou alerta. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 189, p. 68, out. 2008.
- GROMAN, E.; SCHWEINZER, C. Uma vida sem cigarro. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 223, p. 58, ago. 2011.
- HERWIG, U. Eu e EU mesmo. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 216, p. 61- 63, jan. 2011.
- HOOD, B. M. Mentas cegas. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 222, p. 52-55, jul. 2011.
- HOPPE, C.; STOJANOVIC, J. A ciência da genialidade. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 189, p. 40, out. 2008.
- HUBERT, M.; KENNING, P. Por trás da decisão de comprar. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 196, p.51, maio 2009.
- HYMAN, S. E. Diagnosticando transtornos. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 189, p. 63, out. 2008.
- LEAL, G. O sofrimento partilhado. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 224, p. 42, set. 2011.
- LOUZADA, F. Neurociência e educação: um diálogo possível? **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 222, p. 46-51, jul. 2011.
- LURIA, A. R. **Fundamentos de neuropsicologia**. São Paulo: Ed. da USP, 1981.
- NIEMI, M. B. O poder de cura da Mente. **Scientific Ame-**

rican. **Mente & Cérebro**, v. 201, p. 40, out. 2009.

Recebido em: 29 de novembro de 2013

OGAWA, S. et al. Brain magnetic resonance imaging with contrast dependent on blood oxygenation. **Proc Natl Acad Sci USA**, v. 87, p. 9868-72, 1990.

Aceito em: 24 de março de 2014

OVADIA, D. O prazer de doar. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 215, p. 22, dez. 2010.

OVADIA, D. Pedófilo por acidente. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 222, p. 64, jul. 2011.

ROSS, P. Máquinas para ler a mente. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 189, p. 54, out. 2008.

RUFER, M. Arrancando os cabelos. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 217, p.52, fev. 2011.

STERN, V. Por que nos preocupamos tanto? **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 206, p. 41, mar. 2010.

UHLHAAS, C. Faces do transtorno bipolar. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 180, p. 22, jan. 2008.

UHLHAAS, C. Para Mensagens inconscientes. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 214, p. 26, nov. 2010a.

UHLHAAS, C. Elogio ao ócio: é preciso descansar para lembrar. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 206, p.22, mar. 2010b.

UHLHAAS, C. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 212, p. 6, set. 2010c.

UHLHAAS, C. Quem tem medo de cobra? **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 213, p. 74, out. 2010d.

UHLHAAS, C. Neurociência e educação: Técnica de imageamento revela lesões cerebrais antes que surjam os sintomas. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 225, p. 76, out. 2011a.

UHLHAAS, C. Rede neural responsável pela inibição é menos ativa em crianças. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 226, p.74, nov. 2011b.

UHLHAAS, C. Neurônios programados para imitar. **Scientific American. Mente & Cérebro**, v. 224, p. 72-73, set. 2011c.