

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Paula Carlotto Pacheco

**A RELAÇÃO ENTRE O ESTRESSE E O PROCESSO CRIATIVO: UMA REVISÃO
INTEGRATIVA**

Porto Alegre

2022

Paula Carlotto Pacheco

**A RELAÇÃO ENTRE O ESTRESSE E O PROCESSO CRIATIVO: UMA REVISÃO
INTEGRATIVA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em Ciências Biológicas.

Orientador(a): Dra. Rosa Maria Martins de Almeida

Porto Alegre

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Inserir aqui a ficha gerada a partir do Sistema de Geração Automática de Fichas
Catalográficas, disponível no endereço
www.ufrgs.br/bibliotecas/ferramentas/#ficha.

Paula Carlotto Pacheco

**A RELAÇÃO ENTRE O ESTRESSE E O PROCESSO CRIATIVO: UMA REVISÃO
INTEGRATIVA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto de
Bociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial
para a obtenção do título de Bacharel(a) em Ciências Biológicas.

Aprovado em: ____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Gabriela Magalhães Pereira - UFRGS

Nayron Medeiros Soares - UFRGS

Rosa Maria Martins de Almeida - UFRGS (orientadora)

AGRADECIMENTOS

Agradeço e dedico este trabalho aos meus pais, Sérgio e Magali, que sempre me incentivaram, apoiaram, acreditaram em mim e desde muito cedo me mostraram a importância da dedicação e de acreditar nos nossos objetivos e potencial e não mediram esforços nestes anos para me apoiar. À minha irmã, Débora, inspiração profissional, pelo carinho de todos os anos e ajuda para todas as horas. Ao meu namorado e parceiro de vida, Pedro, que esteve presente nos momentos mais intensos e difíceis, aliviando-os, e nos de grandes conquistas também. Aos meus amigos, que fizeram desde o início da faculdade desta a melhor fase da minha vida, que me ajudaram em todos os momentos difíceis e dificuldades encontradas no caminho, que me acolheram como família e que me proporcionaram o conhecimento do que amizade significa, não houve um dia triste no lado de vocês, Isadora, Alice, Lenara, Rafael, Andressa, Fernanda e Carol. Aos meus colegas de apartamento, Guilherme e Luiza, por tornarem a vida mais feliz e prazerosa enquanto conquistávamos nossos sonhos.

A todos os professores e professoras que cruzaram o meu caminho, sendo fonte de inspiração profissional e pessoal, em especial Márcio, que além de professor e tutor, me ensinou muito sobre o que é ser cientista. A todos os colegas que cruzaram o meu caminho e sutilmente me ensinaram muito, sobre muito.

À minha orientadora, Rosa, por todo o auxílio e colaboração neste processo e por acreditar no meu objetivo. À banca examinadora, Gabriela e Nayron por todo o cuidado e tempo gentilmente destinados ao meu Trabalho.

À UFRGS por todas as oportunidades e vivências proporcionadas, jamais esquecerei de todos os sonhos que esta instituição possibilitou que se tornassem verdade.

RESUMO

A criatividade é uma característica da inteligência humana, essencial para inovações e progresso, além de estar relacionada à saúde. É estabelecida como a concepção de ideias que sejam tanto originais quanto úteis para determinada situação. Assim como ela, outro mecanismo fisiológico importante é o estresse, estado em que o organismo se encontra quando a homeostase está ameaçada, ativando rapidamente o sistema nervoso simpático. Estes dois mecanismos podem estar relacionados, tanto de forma positiva como negativa. O cortisol, hormônio liberado em situações de estresse, pode influenciar o processo criativo com o hormônio liberador de corticotrofina, que é crítico para adaptações comportamentais e neurofisiológicas. Entretanto, o estresse também pode ser prejudicial para este processo, já que se supõe que na exposição a eventos estressores os recursos fisiológicos e cognitivos sejam realocados a fim de promover comportamentos de vigilância e sobrevivência, deslocando as capacidades cognitivas como as que contribuem para o processo criativo para atender às necessidades mais urgentes. O presente trabalho, a partir de uma revisão integrativa, buscou identificar e analisar os artigos científicos publicados nos últimos cinco anos (2017-2021) explorando a relação estresse-criatividade, compilando a totalidade de evidências e analisando as divergências entre os estudos. Através da pesquisa bibliográfica, realizada em quatro bases de dados online buscando as palavras “*brain stress*” e “*creativity*” constatou-se que não há apenas uma região do cérebro ativada durante o pensamento criativo e que ele como um todo, contribui para este processo. No entanto, algumas regiões podem ser mais presentes no processo, sendo uma delas o córtex pré-frontal, região que também é a mais sensível aos hormônios liberados em situações de estresse. A inibição desta área foi relatada na diminuição da geração de associações novas e avaliação das ideias, entretanto, enquanto os moderadores relacionados ao estresse inibem a ação do córtex pré-frontal, esses fortalecem a amígdala, que também pode estar relacionada ao processo criativo. Outro aspecto constatado foi a hipótese do equilíbrio hemisférico que estabelece que o predomínio da área pré-frontal direita sobre a esquerda promoveria a criatividade devido a ativação do córtex pré-frontal direito junto à supressão do córtex pré-frontal esquerdo que pode resultar na promoção da criatividade, este mecanismo parece estar relacionado ao estresse. As formas como o mecanismo de estresse e do processo criativo interagem permanecem pouco claras, porém entender esta relação se faz essencial devido a importância da criatividade para a vida e o progresso humano.

Palavras-chave: estresse; cortisol; criatividade; pensamento convergente; pensamento divergente.

ABSTRACT

Creativity is a characteristic of human intelligence, essential for innovation and progress, in addition to being related to human health. It is established as the creation of ideas that are as original as they are useful for each situation. As well as creativity, another important physiological mechanism is stress, the state in which the organism finds itself when homeostasis is threatened, rapidly activating the sympathetic nervous system. These two mechanisms may be related, both positively and negatively. Cortisol, the hormone released in stress situations can influence the creative process with corticotropin-releasing hormone, which is critical for behavioral and neurological adaptations, which is critical for behavioral and neurological changes. However, stress can also be harmful to the creative process, since it is supposed that when exposed to stress, physiological and cognitive resources are reallocated for stress and survival, shifting cognitive capacities, as those that contribute to the creative process to fit the most urgent needs. The present work based on an integrative review, sought to identify and analyze the academic papers published in the last five years (2017-2021) exploring the stress-creativity relationship, compiling the totality of evidence, and analyzing the divergences between the studies. Through bibliographic research in four different bases searching for the words "brain stress" and "creativity" it was found that there is not only one region of the brain activated during creative thinking and that the brain, as a whole, contributes to this process. However, some regions may be more present in the process, one of them being the prefrontal cortex, a region that is also the most sensitive to the hormones released in situations of stress. Inhibition of this area has been reported in decreased generation of new associations and the evaluation of ideas, however, while stress-related modelers inhibit the action of the prefrontal cortex, they strengthen the amygdala, which may also be related to the creative process. Another aspect found was the hemispheric balance hypothesis, which establishes that the predominance of the right prefrontal area over the left would promote creativity due to the activation of the right prefrontal cortex together with the suppression of the left prefrontal cortex, which can result in the promotion of creativity. The ways in which the stress mechanism and the creative process interact remain unclear, but understanding this relationship is essential because of the importance of creativity for human life and progress.

Keywords: stress; cortisol; creativity; convergent thinking; divergent thinking

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	METODOLOGIA	12
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
3.1	A criatividade.....	13
3.2	Mapeando a criatividade no cérebro humano.....	14
3.3	O estresse como inibidor da criatividade	19
3.4	O estresse como potencializador da criatividade	22
4	CONCLUSÃO	25
5	REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

A criatividade é uma característica da inteligência humana, sem ela, o progresso no mundo pararia muito rapidamente (STERNBERG; KARAMI, 2021). Sobre sua natureza, é possível afirmar que:

A criatividade não é uma “faculdade” especial, nem uma propriedade psicológica confinada a uma pequena elite. [...] Baseia-se em capacidades cotidianas como associação de ideias, lembrança, percepção, pensamento analógico, busca de um espaço-problema estruturado e autocrítica reflexiva. Envolve não apenas uma dimensão cognitiva (a geração de novas ideias), mas também motivação e emoção, e está intimamente ligada ao contexto cultural e fatores de personalidade (BODEN, 1998, p. 347)

Wallas (1945) propôs que o processo criativo teria estágios de preparação, incubação, iluminação e verificação. A preparação é a investigação do problema, envolve seu reconhecimento, definição, a coleta de informações e o estabelecimento de critérios pelos quais um ato criativo será avaliado. A incubação é o processo de afastar-se do problema e deixar a mente trabalhar nele em um nível abaixo da consciência, esta fase pode demorar minutos, dias ou até mesmo anos. Após este processo, acontece a iluminação, que é o insight criativo. E finalmente, a verificação, que envolve a análise para estabelecer se a ideia criativa é o que deveria ser – se atende aos critérios formulados durante o estágio de preparação.

De acordo com Sternberg e Karami (2021), que buscaram estabelecer uma estrutura teórica para entender a criatividade, ela se dá com base em 8Ps (propósito, pessoa, *press*, problema, processo, produto, propulsão e público). Os autores trazem que estes aspectos não são independentes uns dos outros, mas interagem entre si. Por exemplo, o propósito de uma pessoa em resolver um problema afeta os processos usados para resolvê-lo, o que, por sua vez, afeta os tipos de produtos que podem ser produzidos. Da mesma forma, o problema que se espera resolver, afeta os processos utilizados. A propulsão, por sua vez, é o aspecto da criatividade que, ao contrário da inteligência e da sabedoria, sempre move o pensamento de um lugar para outro. A solução criativa, por definição, é sempre nova (e deve ser também útil).

De acordo com Rigon et al. (2020), o pensamento criativo pode ser dividido entre pensamento convergente, que é a capacidade de identificar uma solução específica para um problema e pensamento divergente, a capacidade de gerar ideias variadas e originais, este último, de acordo com o autor, está ligado à saúde psicológica e é importante para a resolução de problemas, planejamento e execução

de ideias originais e adaptação ao ambiente ao encontrar soluções para desafios e obstáculos, desta forma, é possível entender como este mecanismo é importante para a vida humana.

Assim como a criatividade, outro mecanismo fisiológico importante para a vida humana é o estresse. De acordo com Kloet, Joëls e Holsboer (2005) o estresse é o estado em que o organismo se encontra quando a homeostase está ameaçada, tanto por fatores físicos ou psicológicos. De forma que a resposta à esta ameaça é uma rápida ativação do sistema nervoso simpático.

Estudos mostraram que a criatividade e o estresse podem estar relacionados. De acordo com Yeh et al. (2015), o cortisol pode influenciar a criatividade, devido ao fato do hormônio liberador de corticotrofina (CRH) ser crítico para as adaptações comportamentais e neuro endo-cronológicas ao estresse.

Os autores De Dreu, Baas e Nijstad (2008) sugerem que em níveis moderados de excitação por estressores, os indivíduos serão motivados a buscar e integrar informações e a considerar múltiplas alternativas, o que aumenta o número de pensamentos criativos. Os autores trazem que o mesmo não acontece em níveis extremamente altos de excitação.

Para elucidar o tema, a meta-análise realizada por Byron, Khazanchi e Nazarian (2010) encontrou 76 estudos experimentais, buscando entender qual seria o impacto do estresse na criatividade. Um dos estudos analisados pelas autoras, de Dickerson e Kemeny (2004), demonstrou que o estresse, quando incontrolável, leva a uma piora no desempenho em tarefas de criatividade. Porém, o estudo também apontou que, enquanto as altas ameaças de avaliação social (neste caso, a possibilidade de um aspecto do indivíduo ser julgado de forma negativa pelos outros) diminuía o desempenho criativo, contextos com baixa avaliação social aumentavam o desempenho criativo.

Entretanto, outros autores apontaram que a relação estresse-criatividade seria estritamente prejudicial, já que se supõe que após uma exposição ao estresse, os recursos fisiológicos e cognitivos seriam realocados a fim de promover a vigilância e sobrevivência (HERMANS et al., 2014). Desta forma, as capacidades cognitivas de ordem superior que apoiariam a criatividade seriam deslocadas para atender a essas necessidades mais urgentes.

Com o objetivo de entender se o estresse age como um motivador para a criatividade ou se, por se tratar de um mecanismo de realocação energética (HERMANS et al., 2014) ocorre uma supressão do pensamento criativo, o presente trabalho buscou estabelecer a partir de revisão integrativa, a relação do estresse na criatividade em humanos, além de identificar e analisar os trabalhos anteriormente publicados explorando a relação.

2 METODOLOGIA

O presente trabalho adotou uma abordagem de revisão integrativa. A pesquisa bibliográfica buscou entender de forma completa a relação do estresse e da criatividade, compilando a totalidade de evidências e analisando as divergências entre os estudos.

A busca foi feita utilizando as bases de dados eletrônicas: Embase, Pubmed, APA Psycinfo e Scopus. As palavras-chave de busca foram: “*brain stress*” e “*creativity*”. A pesquisa foi realizada a partir da estratégia: *Brain AND Stress AND Creativity* e acionando os filtros: ano de publicação 2017-2021, tipo de publicação: artigo e pesquisa realizada em humanos. Foram encontrados 88 artigos no total, sendo 45 na base “Pubmed”, 21 na base “Embase”, 21 na base “Scopus” e 1 na base “APA Psycinfo” em “Psycharticles”.

Os critérios de exclusão foram artigos que não possuíam o texto completo disponível, não estavam em inglês ou português ou eram fora do escopo da pesquisa. A partir dos artigos encontrados nas bases de dados, referências adicionais foram identificadas por uma busca entre as referências citadas. Outros artigos relevantes foram adicionados para expandir a base de conhecimento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 A criatividade

De acordo com Dietrich (2004), a criatividade é a habilidade de quebrar padrões de pensamento óbvios ou convencionais, adotar novas regras e pensar de forma conceitual e abstrata. Para o autor, o pensamento criativo é o resultado de processos mentais comuns; supõe-se que os mesmos circuitos neurais que processam informações e que produzem combinações não criativas dessas informações sejam os mesmos que geram combinações criativas/novas. Segundo o autor, a criatividade requer habilidades como: memória temporária, atenção sustentada (a capacidade de manter seu foco em uma atividade repetitiva e contínua por um longo período sem se distrair), flexibilidade cognitiva (pensar em novas soluções) e julgamento de propriedade (responder de forma adequada à cada situação), estas ações são relacionadas tipicamente ao córtex pré-frontal.

Para Hertenstein et al. (2019), a criatividade teria uma construção multifacetada, já que por consistir em dois processos: primeiro a geração de ideias (produção de respostas originais) e posteriormente, a seleção das ideias (identificação de respostas úteis), não é fácil separá-los em nível comportamental, porque o desempenho bem-sucedido em tarefas de criatividade tende a depender dos dois processos.

O extenso trabalho meta-analítico de Baas et al. (2008) que revisou 25 anos de pesquisa sobre emoções e criatividade, descobriu que emoções positivas, como a felicidade, têm um contexto positivo e ativam a criatividade, ao contrário da ansiedade e do medo, que se correlacionam com a diminuição da criatividade.

A criatividade também foi associada a um indicador da saúde mental, fisiológica e cognição na velhice, pois segundo Studer-Luethi et al. (2021) “Indivíduos que frequentemente se envolvem em atividades altamente criativas demonstram maior reserva cognitiva do que indivíduos com atividades mais rotineiras.” Foi observado que idosos encontraram efeitos positivos mais significativos nas funções cognitivas e na capacidade de vida diária após a realização de práticas de terapia criativa (por exemplo, desenho, dança, música, contar histórias) em comparação com treinamento padrão.

A criatividade pode ainda ter uma função adaptativa, de acordo com Galasinska e Szymkow (2021). Uma das mudanças cognitivas que as mulheres apresentam durante a ovulação está relacionada à criatividade. Krug descobriu que “durante o período ovulatório as mulheres se tornam mais criativas. No entanto, o mecanismo deste efeito não é claro”. Segundo as autoras:

Argumentamos que a criatividade aumentada durante a janela fértil do ciclo ovulatório pode ter funções adaptativas, pois de acordo com a teoria da sinalização, a criatividade pode ter evoluído através da seleção sexual como um potencial indicador de aptidão. Darwin foi o primeiro a sugerir que várias características distintivas da cultura humana, incluindo poesia, pintura e música, evoluíram através da seleção sexual de forma semelhante à ornamentação e ao canto dos pássaros. Sua sugestão foi desenvolvida por Miller em uma hipótese indicando que a criatividade humana pode ser um sinal de qualidade genética. (GALASINSKA; SZYMKOW, 2021, p.2)

Ao buscar as origens evolutivas da criatividade, Miller (*apud* Galasinska, K; Szymkow A, 2021, p.4) propôs que a criatividade evoluiu através da seleção sexual e que ela aumenta a capacidade de um indivíduo de atrair um parceiro, independentemente de aumentar diretamente a sobrevivência.

3.2 Mapeando a criatividade no cérebro humano

No início dos estudos sobre criatividade tentava-se encontrar o domínio exato do cérebro onde ela ocorreria, porém, logo seguiram-se várias meta-análises quantitativas que demonstraram uma imagem totalmente diferente do cérebro criativo em ação. Estes estudos esclareceram que não há uma única região do cérebro responsável por impulsionar a criatividade. E que na verdade, todo o cérebro contribui para a cognição criativa. Além disso, os autores também estabeleceram que os correlatos neurais da criatividade são específicos do processo e do domínio (VARTANIAN, 2012; GONEN-YAACOVI et al., 2013; BOCCIA et al., 2015; WU et al., 2015 e COGDELL-BROOKE et al., 2020).

De acordo com Vartanian et al. (2020 p.2) “a criatividade é hierárquica e componencial, e emerge da reconfiguração flexível e dinâmica das regiões do cérebro que contribuem para suas várias instanciações”. No mesmo trabalho, os autores propõem que o surgimento da criatividade se dê a partir da interação de dois sistemas de grande escala no cérebro: enquanto a rede padrão está envolvida na geração de novos conceitos, a rede de controle executivo exerce o controle de cima para baixo (*top down*) desse processo generativo a fim de selecionar a saída apropriada para a

tarefa. Além desse processo, a rede de saliência regula a alternância entre essas redes no processo da cognição criativa.

Em concordância, Beaty et al. (2016) propõem que novas ideias, direcionadas a objetivos, parecem envolver tanto as funções geradoras da rede padrão quanto as funções estratégicas da rede de controle. Os autores constatam que na maioria dos casos, as atividades da rede padrão e da rede de controle executivo no cérebro são negativamente correlacionadas, porém a criatividade representa uma forma de pensamento que é sustentada pela interação dinâmica desses dois modos de pensamento. De acordo com os autores, na fase inicial da resolução criativa de problemas, quando os pensamentos estão orientados para geração de ideias, a rede padrão está mais ativa e nas fases posteriores da resolução criativa de problemas, quando as ideias geradas são selecionadas a fim de satisfazer as demandas da tarefa, a rede de controle executivo também se engaja para exercer o controle de cima para baixo buscando selecionar a saída apropriada.

Outros autores, como Jung et al. (2013) e Raichle & Snyder (2007) também apoiam a hipótese de que a rede de modo padrão desempenha um papel central na criatividade. De acordo com Jung et al. (2013) este sistema é composto por várias áreas do cérebro que trabalham em conjunto de forma coordenada quando o indivíduo está em repouso. Essas regiões cerebrais são consistentemente relatadas como ativadas durante tarefas de criatividade. Estudos de fMRI que revelaram anormalidades do hipocampo e alterações nas funções da rede de modo padrão em pacientes com transtorno de estresse pós-traumático encontraram correlações entre alterações nessas regiões e déficits de imaginação e criatividade (BEATY et al., 2014; ZEIDMAN e MAGUIRE, 2016).

O trabalho de Lai et al. (2020) levantou a hipótese de que experiências humanas complexas, como sonhos, emoções e criatividade, compartilham redes neurais semelhantes, das quais a amígdala pode ser um ponto de intersecção.

A estimulação elétrica da amígdala parece também gerar imagens mentais únicas dinâmicas e evolutivas, que podem representar uma função criativa e sugerem que a amígdala e o lobo temporal medial podem estar envolvidos na rede responsável pela criatividade humana. [...] A geração de imagens únicas novas e não experimentadas anteriormente via estimulação elétrica da amígdala é especialmente intrigante, pois sugere que o cérebro humano pode contar com a mesma rede neural para gerar imagens mentais, pensamentos e conceitos relacionados ao sonho e à criatividade. (LAI et al., 2020, p.8)

A fim de estabelecer como o traumatismo craniano (TCE) pode impactar o pensamento divergente, Rigon, et al. (2020) observaram que os indivíduos com TCE tinham o mesmo desempenho de participantes saudáveis em tarefas de criatividade, sugerindo que o TCE não prejudica tarefas de pensamento divergente. O estudo de Duff et al. (2013), a partir do exame de lesões focais mostrou que pacientes com lesão bilateral no hipocampo tiveram desempenho significativamente pior em comparação aos outros participantes nos Testes de Pensamento Criativo. Além disso, a revisão sistemática de Runco e Yoruk (2014) relatou que ambos os hemisférios cerebrais estão envolvidos no pensamento divergente e, em particular, as regiões central, parietal e temporal. Indivíduos com TCE não performaram significativamente diferente dos saudáveis em nenhum teste de Rigon et al. (2020), apesar dos resultados de habilidades variarem entre si, apoiando a ideia de que o pensamento convergente e divergente são mecanismos separados e o que prejudica um, pode poupar o outro.

Em concordância, Zeidman e Maguire (2016) estabeleceram que funções cognitivas como imaginar, perceber e lembrar de eventos passados, estão incorporadas na atividade do hipocampo anterior (parte do sistema límbico associada à memória e emoção). Outra revisão indica que anormalidades no hipocampo podem levar a uma dificuldade significativa em situações cotidianas que exigem o uso flexível e criativo de imagens (RUBIN et al., 2014) De acordo com Duff et al. (2013) o sistema hipocampal e suas interações com áreas de armazenamento neocorticais fornecem um banco de dados necessário para criar, atualizar e manter imagens mentais usadas a serviço da memória declarativa.

De acordo com Caserta et al. (2019), a neuroplasticidade é mediada por fatores neurotróficos, entre eles o Fator de Crescimento Nervoso (NGF) e o Fator Neurotrófico Derivado do Cérebro (BDNF). Os precursores destes fatores, proNGF e proBDNF, são liberados no espaço sináptico, onde sofrem clivagem e maturação e são internalizados através da ligação a receptores especializados. Diferentes tipos de enriquecimento do ambiente, muitos dos quais baseados em atividade física e exercício, foram associados à modulação do proBDNF. Os níveis salivares de proNGF de adultos e crianças diminuíram após 4 semanas de prática do exercício físico Quadrato Motor Training (exercício de treinamento sensorio-motor estruturado,

que combina funções motoras e cognitivas). A diminuição do proNGF foi correlacionada com o aumento de ideias criativas.

Como um método de estudo do processo cognitivo, Srinivasan (2006) estabelece o uso dos Eletroencefalogramas (EEG). Esta é uma forma não invasiva da atividade elétrica cerebral que é analisada através dos sinais elétricos registrados no couro cabeludo. O EEG funciona como um registro de potenciais de campo elétrico que surgem após os potenciais pós-sinápticos.

Papousek et al. (2017) realizaram um estudo sobre a reavaliação cognitiva, prática que se resume a ver um evento emocionalmente evocativo de uma perspectiva diferente e reinterpretar seu significado, buscando mudar seu impacto emocional. Em seus estudos, examinaram quais estruturas cerebrais estavam ativas enquanto os participantes estavam fazendo esforços deliberados para reavaliar aspectos negativos. Além do córtex frontal medial, (considerado como uma estação de retransmissão entre circuitos envolvidos na reavaliação do significado emocional de estímulos e circuitos subcorticais cruciais para a geração de respostas emocionais), os esforços de reavaliação tiveram ativação aumentada no córtex pré-frontal lateral, especialmente no hemisfério esquerdo. Conforme seus achados os indivíduos com maior capacidade de reavaliação cognitiva apresentavam maior atividade lateral esquerda no córtex pré-frontal, de acordo com os autores:

Parece que a importância da assimetria lateral de ativação no córtex pré-frontal é reforçada quando os processos cognitivos que também estão ativos na geração de novas ideias estão operando em um contexto emocional. [...] Os resultados indicam que os indivíduos com maior capacidade de reavaliação cognitiva são mais capazes ou mais propensos a recrutar regiões cerebrais apropriadas quando a situação exige avaliações alternativas de eventos estressantes. (PAPOUSEK et al., 2017, p. 584)

Para estudar os processos criativos, os indivíduos são submetidos, geralmente aos seguintes testes: Tarefa de Associação Remota, que consiste em uma tarefa onde os participantes recebem três palavras-chave (papel, linhas, capa) e são solicitados a identificar uma quarta palavra associada a todas as três sugestões (por exemplo, caderno). Este teste visa medir o pensamento convergente. O pensamento divergente é medido através da Tarefa de Usos Alternativos, em que os participantes são solicitados a gerar novos usos para objetos do cotidiano (por exemplo, utilizar uma revista para matar mosquitos). Outro modo de medir o pensamento divergente são os

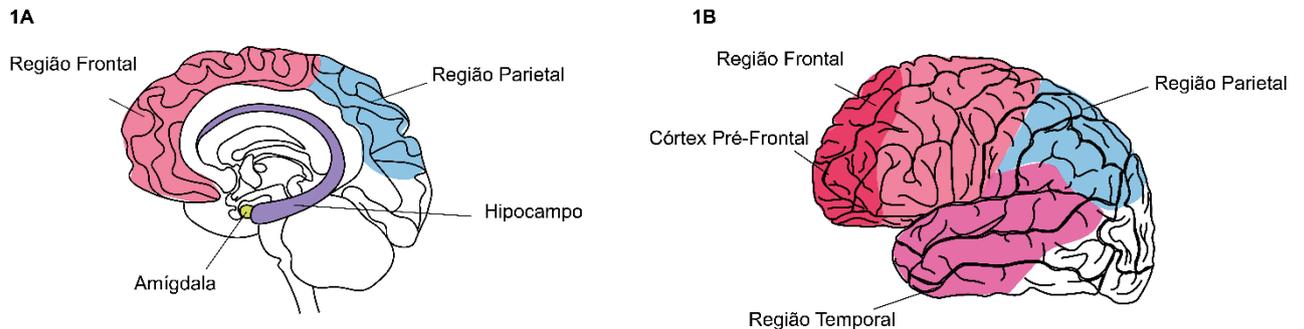
Testes Torrance de Pensamento Criativo, onde os participantes são convidados a imaginar situações inusitadas e descrever possíveis consequências para elas, ou desenhar figuras a partir de modelos (como por exemplo, fazer diferentes desenhos em uma folha utilizando figuras geométricas estabelecidas como base).

Em testes como estes, o pensamento criativo é analisado considerando as habilidades: flexibilidade, fluência, originalidade e elaboração. De acordo com Rigon et al. (2020) a flexibilidade é a habilidade de processar informações ou objetos em formas diferentes, a partir do mesmo estímulo; fluência é a habilidade de produzir quantidades de ideias que sejam relevantes para a tarefa; originalidade é a habilidade de produzir ideias novas, incomuns ou únicas e elaboração é a habilidade de tornar as ideias detalhadas.

De acordo com Hertenstein et al. (2019), estudos anteriores estabelecem a hipótese do equilíbrio hemisférico, que indica que uma mudança no equilíbrio hemisférico resultando em um predomínio da área pré-frontal direita sobre a esquerda promove a criatividade. Este equilíbrio facilitaria a produção de novas ideias e a liberação das ideias criativas. Fortalecendo essa hipótese, pacientes com atividade relativamente aumentada do córtex pré-frontal direito (após sofrerem lesões no córtex pré-frontal esquerdo) apresentam melhorias nas tarefas de geração de ideias, enquanto pacientes com lesões do córtex pré-frontal direito apresentam desempenho criativo prejudicado nos testes de criatividade. Além disso, melhores expansões conceituais em testes de criatividade são observadas em pessoas com volume aumentado de substância cinzenta do córtex pré-frontal direito e aqueles com integridade estrutural reduzida do córtex frontal esquerdo exibem melhor desempenho criativo.

De acordo com os resultados estabelecidos acima, pode-se concluir que as regiões frontal, parietal e temporal, o córtex pré-frontal, o hipocampo e a amígdala estão envolvidos no processo criativo, conforme exemplificado na Figura 1.

Figura 1 – Representação das áreas ativadas durante o pensamento criativo. 1A Vista Sagital
1B Vista Lateral.



Adaptado de: Debowski (2018)

3.3 O estresse como inibidor da criatividade

Com base nos estudos de Kloet, Joëls e Holsboer (2005), o sistema de estresse pode operar de duas maneiras diferentes (de forma rápida ou de forma lenta). O modo rápido envolve o hormônio liberador de corticotrofina (CRH) que é acionado através da resposta simpática e comportamental de “luta ou fuga”, mediada pelo receptor CRH1, também responsável pela ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA). O eixo HPA envolve o CRH e a vasopressina (AVP), que são produzidos por neurônios que secretam peptídeos que ativam a síntese de pró-opiomelanocortina (POMC) na hipófise anterior, que por sua vez, é processada em corticotrofina (ACTH), entre outros. O ACTH estimula o córtex adrenal a secretar cortisol. Vários são os estressores que ativam os neurônios resultando nesta resposta, como os estressores psicológicos e estímulos viscerais e sensoriais. O modo lento, de acordo com os autores, promove adaptação e recuperação é governado pelas urocortinas II e III, que atuam através do sistema CRHR2.

Ambos os sistemas de estresse participam de aspectos do controle do metabolismo energético, desde controlar o apetite até a disposição e armazenamento de energia. Quando uma situação é percebida como estressante, o cérebro ativa muitos circuitos neuronais para se adaptar à demanda. (KLOET; JOËLS; HOLSBOER, 2005.)

De acordo com Runco (2007), tanto o humor positivo quanto o negativo são facilitadores da criatividade, porém, o humor positivo parece ser mais favorável à criatividade. Kaimal et al. (2020) ressaltaram que o estresse, tanto crônico quanto agudo, pode induzir mudanças fisiológicas por meio da ativação de sinais biológicos que desencadeiam respostas em vias autonômicas, como o eixo HPA, a fim de produzir respostas imediatas, como reações de luta ou fuga, ou efeitos mais duradouros, como baixos níveis de inflamação generalizada. O estresse, de acordo com Kulikowski (2021), pode prejudicar o funcionamento cognitivo por meio da carga alostática e devido à desregulação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA), que é responsável pela secreção dos glicocorticoides que mobilizam a energia necessária para o combate induzido pelo estresse. O estresse e a consequente desregulação hormonal aumentam o nível do cortisol, o que causa alterações cerebrais, como a diminuição da densidade das sinapses cerebrais ou a inibição de neuro gênese. Essas alterações cerebrais afetam negativamente o funcionamento cognitivo (JUSTER et al, 2010).

De acordo com Van Marle (2010) o estresse tem um efeito direto sobre os substratos neurais associados à execução de tarefas que exigem a geração de soluções criativas, de modo que o uso de caminhos de soluções criativas é substituído por caminhos possivelmente mais dominantes e menos criativos.

Os achados de Nair et al. (2020), evidenciaram que o estresse teria um papel negativo para o mecanismo de criatividade, podendo haver uma variação genética que influencia a maneira como os indivíduos reagem ao estresse, de acordo com os autores:

Parte da variabilidade nas habilidades criativas e reatividade ao estresse entre os indivíduos foi atribuída a contribuições genéticas. Um polimorfismo no gene transportador de serotonina implica, geralmente, uma resposta aumentada ao estresse (uma deleção do par de bases 43 na região promotora do gene transportador de serotonina, SLC6A4; também conhecida como alelo S, ou alelo curto, em contraste com aqueles sem a deleção, que possuem o alelo L, ou alelo longo). Vários estudos relataram que os participantes com o alelo S experimentaram maiores respostas negativas à exposição ao estresse em comparação com os participantes sem a deleção de 43 pares de bases ou o alelo L. (NAIR et al, 2020, p.1)

Outro fator citado por Nair et al. (2020), que pode influenciar a suscetibilidade ao estresse, é o gênero, estudos preliminares atribuíram diferenças relacionadas ao gênero no nível de secreção de cortisol, atividade neural e conectividade funcional em

situações de estresse. A literatura sobre esta diferença concorda que embora não exista diferenças entre os gêneros nas habilidades criativas, as estratégias cognitivas e redes neurais potenciais utilizadas durante o processo criativo podem ser diferentes.

Os achados de Kaufman (2018) discutem sobre a melhora da criatividade em situações em que o estresse é reduzido, neste estudo, o autor mostra que a prática meditativa melhora a flexibilidade cognitiva, e parece ser uma oportunidade para maior criatividade. De acordo com Bob et. al. (2013) estes resultados podem ocorrer devido ao aumento da comunicação inter-hemisférica dentro do cérebro.

A mesma ideia foi apoiada pelo estudo de Kang, Kim e Baek (2021), os autores encontraram que a arte terapia na floresta tem efeitos fisiológicos como acalmar as funções do lobo frontal e diminuir os níveis de cortisol, ambos associados ao estresse e neste ambiente, os participantes do estudo manifestaram maior criatividade. Um fator analisado foi o quociente de atenção, que representa o grau de excitação cerebral e resistência ao estresse. É calculado dividindo a atividade das ondas teta pela atividade das ondas do ritmo sensório-motor (SMR) de cerca de 12 a 15 Hz e está relacionado com a criatividade na configuração do cruzamento de ondas alfa-teta, os autores encontraram um aumento de ondas alfa geradas causado pela atividade na floresta, este aumento levou a um cruzamento com ondas teta.

De acordo com Wang et al. (2022) o comprometimento da criatividade sob estresse agudo pode estar intimamente relacionado à regulação negativa da função do córtex pré-frontal causada por neurotransmissores e hormônios relacionados ao estresse. “Especificamente, o estresse pode inibir os indivíduos de gerar mais ideias em tarefas de pensamento divergente e reduzir a correção em tarefas de pensamento convergente, prejudicando a flexibilidade cognitiva” (ALEXANDER et al., 2007).

O estresse agudo, de acordo com Wang et al. (2022) são as respostas fisiológicas e psicológicas adaptativas do organismo em reação a estressores imprevisíveis, incontroláveis e ameaçadores. De acordo com os autores a homeostase fica rapidamente desequilibrada, acompanhada por uma série de reações fisiológicas, como a ativação do sistema nervoso simpático e do eixo hipotalâmico-pituitário-adrenal.

“Como a região do cérebro mais sensível ao estresse, a atividade do córtex pré-frontal (CPF) é suprimida pela dose excessiva de neurotransmissores e hormônios liberados sob a condição de estresse psicológico” (ARNSTEN, 2009).

De acordo com Wang et al. (2022) regiões cerebrais pré-frontais específicas, como: o córtex pré-frontal ventrolateral, o giro frontal inferior e a área pré-frontal dorsolateral, estão amplamente envolvidas no processamento cognitivo criativo e a inibição do córtex pré-frontal pode diminuir a geração de novas associações conceituais e avaliação das ideias adaptativas. Por outro lado, enquanto os neuro moduladores relacionados ao estresse prejudicam a regulação do córtex pré-frontal, eles fortalecem a função da amígdala (VAN OORT et al. 2017). E uma consequência desta ativação é a mudança da atividade cerebral, que passa de “*top-down*” (regulada pelo córtex pré-frontal) para “*bottom-up*” (regulada pelo córtex sensorial). Esta mudança pode tornar os indivíduos mais propensos a repostas habituais e não a comportamentos inovadores (ARNSTEN, 2009)

Davis (2009) propõe que a ativação da amígdala também leva a experiências emocionais negativas e à inibição da regulação emocional, o que pode enfraquecer, de maneira indireta, a criatividade.

3.4 O estresse como potencializador da criatividade

O estudo de Wang et al. (2022) propõe uma hipótese de equilíbrio. Os autores estabelecem que a ativação do córtex pré-frontal direito e a supressão do córtex pré-frontal esquerdo podem promover a criatividade. Conforme Jung et al. (2010), indivíduos altamente criativos estão associados à menor integridade estrutural do córtex pré-frontal esquerdo e de acordo com Takeuchi et al. (2012) os indivíduos criativos estão relacionados ao maior volume de massa cinzenta no córtex pré-frontal. Desta forma, a criatividade seria facilitada por um equilíbrio de ativação entre dois hemisférios frontais (ou seja, maior ativação frontal direita do que ativação frontal esquerda).

Wang et al. (2022) também evidenciaram que o Córtex pré-frontal dorsolateral bilateral (CPF DL) é uma região crítica do cérebro para o regular a influência do estresse agudo na criatividade, os autores trazem que a ativação do CPF DL direito combinada com a inibição do CPF DL esquerdo eliminou o comprometimento da criatividade causado pelo estresse, assim, mudar o equilíbrio de ativação da esquerda

para a direita poderia reforçar a criatividade. Os autores analisaram ainda, que o impacto do estresse no desempenho da criatividade parece ser maior para o pensamento divergente do que o pensamento convergente:

O pensamento divergente exigia mais exploração no espaço do problema para gerar mais de uma solução. Portanto, beneficia-se da modulação da flexibilidade cognitiva. Em contraste, o pensamento convergente visa encontrar uma solução analítica baseada no pensamento analítico. Portanto, envolve mais persistência cognitiva e foco. Uma possível explicação para nossos resultados foi que o estresse agudo aumenta os níveis de dopamina no CPF, o que pode aumentar a persistência cognitiva e, assim, facilitar ideias mais sistemáticas no teste de pensamento convergente. (WANG et al., 2022, p.7).

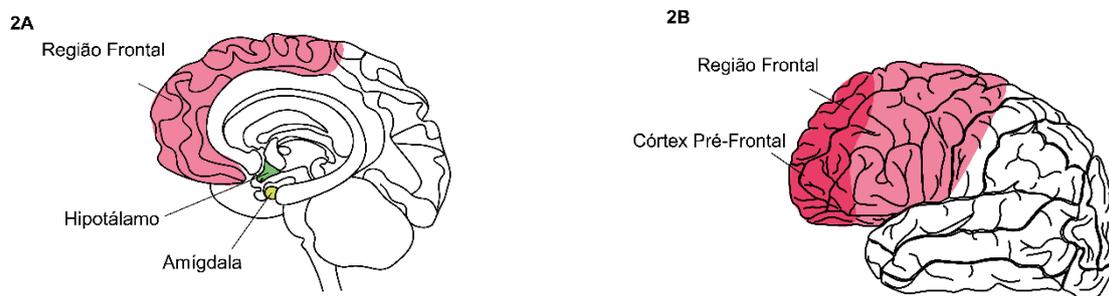
No estudo de Fuentes-García et al. (2019) 14 enxadristas de diferentes níveis foram submetidos a testes, que consistiam em três partidas de 3 min, mais dois segundos adicionais por lance, enquanto o eletroencefalograma era avaliado. Os autores observaram que o grupo vencedor apresentava maior potência teta nas regiões frontal, central e posterior do cérebro nos momentos quando a dificuldade aumentava. E o poder alfa apresentava valores maiores em jogos onde o enxadrista estava jogando com um oponente de um nível acima do seu. O grupo que perdeu apresentou uma diminuição significativa no espectro de potência beta e alfa nas áreas frontal, central, parietal, temporal e occipital, quando a dificuldade do oponente aumentava. Mostrando que o grupo vencedor conseguia se adaptar a cada nível de dificuldade, aumentando a potência teta nas áreas frontal, central e posterior do cérebro. Uma hipótese do aumento no poder alfa durante os jogos mais difíceis, em comparação com os mais fáceis, é que ele teria sido causado por ideias criativas e pensamentos divergentes, à medida que os participantes procuravam soluções alternativas contra um oponente mais habilidoso.

Por meio do estudo, Fuentes-García et al. (2019) estabeleceram que o poder Teta (4–7 Hz) é um potencial indicador de esforço cognitivo ou pode ser um indicador de sucesso em tarefas cognitivas (por isso, foi observado que o grupo vencedor era capaz de se adaptar a cada situação de jogo de xadrez, aumentando a potência teta quando a dificuldade do adversário aumentava). A banda alfa (8-12 Hz) aumentou durante o pensamento criativo nas áreas corticais pré-frontal e parietal, e foi relatado durante a ideação criativa e pensamento divergente. O espectro de potência beta (13-30 Hz) serve como indicador de excitação comportamental e processo de atenção. Essas descobertas sugerem que o grupo vencedor poderia tentar resolver um estímulo cognitivo difícil por meio de pensamento divergente e criatividade,

procurando soluções alternativas. No entanto, os autores indicam que mais estudos sobre este tema são necessários para confirmar os resultados.

Por meio das evidências acima citadas pode-se inferir que o estresse ativa a região frontal, o córtex pré-frontal, o hipotálamo e a amígdala, como exemplificado na Figura 2.

Figura 2 – Representação das áreas ativadas durante períodos de estresse 2A Vista Sagital
2B Vista Lateral.



Adaptado de: Debowski (2018)

Por se tratar de uma revisão integrativa, o presente estudo foi limitado pela quantidade de evidências e pesquisas já realizadas sobre o tema tratado. Não foram encontrados resultados abundantes sobre a relação específica entre estresse e criatividade, portanto fez-se necessário estabelecer relações levando em consideração diversos estudos com propósitos e metodologias diferentes e que muitas vezes tinham um objetivo de estudo diferente do tratado.

Seria pertinente a realização de um estudo teórico-prático analisando por meio do EEG a ativação cerebral nos indivíduos expostos às tarefas de criatividade (controle) e expostos às mesmas tarefas após a indução do estresse, a fim de obter mais evidências práticas sobre o tema. Já que nenhum estudo realizado nos últimos 5 anos nas bases consideradas trabalhou com esta metodologia e objetivo.

4 CONCLUSÃO

Através do estudo realizado constatou-se que não há apenas uma região do cérebro ativada durante o pensamento criativo e que todo o cérebro contribui para este processo. No entanto, há indícios de que o córtex frontal medial e o córtex pré-frontal lateral, as regiões central, parietal e temporal e o sistema hipocampal tenham um papel importante para o pensamento criativo, que pode ainda ter ligação com a ativação da amígdala. A rede de modo padrão também possui um papel importante para o pensamento criativo, este sistema é composto por várias áreas do cérebro que trabalham em conjunto.

O estresse, por sua vez, está relacionado com mudanças no funcionamento de vias como o eixo hipotálamo-hipófise. Esta resposta também causa o aumento de níveis de cortisol, levando a alterações cerebrais, como a diminuição das sinapses. Há indícios de que os hormônios relacionados ao estresse regulam o córtex pré-frontal negativamente, esta região é a mais sensível ao estresse e altamente importante no processamento cognitivo criativo. A inibição desta área foi relatada na diminuição da geração de associações novas e avaliação das ideias. Por outro lado, ao mesmo tempo que os modeladores relacionados ao estresse prejudicam a região do córtex pré-frontal, eles fortalecem a região da amígdala, que também pode estar relacionada à criatividade.

Outra consequência do estresse é relacionada à ativação do córtex pré-frontal direito junto à supressão do córtex pré-frontal esquerdo que pode resultar na promoção da criatividade. Diversos estudos abordam a lateralidade das regiões cerebrais envolvidas no processo cognitivo, a hipótese do equilíbrio hemisférico estabelece que o predomínio da área pré-frontal direita sobre a esquerda promoveria a criatividade. Enquanto outros autores afirmam que estudos sobre lateralidade são muito simplistas e que a tendência é focar na interação das redes neurais no cérebro, reforçando que diferentes áreas podem ser ativadas dependendo da natureza do processo criativo e de qual o tipo de problema a ser resolvido.

Pode-se afirmar que as formas como o estresse influencia o processo cognitivo da criatividade permanecem pouco elucidadas, no entanto, sabendo que diariamente os indivíduos são submetidos a situações de estresse em níveis cada vez maiores e que a criatividade é um mecanismo essencial para o progresso da sociedade e para a saúde humana, se faz essencial o entendimento desta relação e quais as possíveis

consequências da exposição à estressores para o progresso da sociedade e dos indivíduos.

5 REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, Jessica, K. HILLIER, Ashleight; SMITH, Ryan, M.; TIVARUS, Madalina, E.; BEVERSDORF, David, Q.; Beta-adrenergic Modulation of Cognitive Flexibility during Stress. **Journal of Cognitive Neuroscience**. Vol. 19, n. 3; p. 468-478. 2007.
- ARNSTEN, Amy, F. T. Stress signalling pathways that impair prefrontal cortex structure and function. **Nature Reviews Neuroscience**. Vol. 10, p. 410 – 422, 2009.
- BAAS, Matthijs; DE DREU, Carsten K. W.; NIJSTAD, Bernard, A. A meta-analysis of 25 years of mood-creativity research: Hedonic tone, activation, or regulatory focus? **Psychological Bulletin**, Vol. 134, n. 6, p. 779-806, 2008
- BEATY, Roger E.; BENEDEK, Mathias; SILVIA, Paul, J.; SCHACTER, Daniel, L. Creative Cognition and Brain Network Dynamics. **Trends Cogn Sci**. Vol. 20, n. 2, p. 87-95, 2016
- BEATY, Roger. E.; BENEDEK, Mathias; WILKINS, Robin, W.; JAUK, Emanuel; FINK, Andreas; SILVIA, Paul, J.; HODGES, Donald, A.; KOSCHUTNIG, Karl; NEUBAUER, Aljoscha, C. Creativity and the default network: A functional connectivity analysis of the creative brain at rest. **Neuropsychologia**. Vol. 64, p.92–98, 2014.
- BOB, Petr; ZIMMERMAN, Elizabeth, M. HAMILTON, Elizabeth, A.; SHEFTEL, Jenna, G.; BAJO, Stephanie, D.; RABOCH, Jiri; GOLLA, Megan; KONOPKA, Lukazs, M. Conscious Attention, Meditation, and Bilateral Information Transfer. **Clinical EEG and Neuroscience**. Vol. 44, n. 1, p. 39-43. 2013.
- BOCCIA, Maddalena, et al. Where do bright ideas occur in our brain? Meta-analytic evidence from neuroimaging studies of domain-specific creativity. **Frontiers in Psychology**. Vol. 6, 2015.
- BODEN, Margaret. Creativity and artificial intelligence. **Artificial Intelligence**, Vol. 103, n1-2, p. 347-356, 1998.
- BYRON, Kristin; KHAZANCHI, Shalini; NAZARIAN, Deborah. The Relationship Between Stressors and Creativity: A Meta-Analysis Examining Competing Theoretical Models. **Journal os Applied Psychology**. Vol. 95, n.1, 201-212. 2010
- CASERTA, Micaela, et al. Influence of Quadrato Motor Training on Salivary proNGF and proBDNF. **Frontiers in Neuroscience**. Brasil, Vol. 13, n. 58, p. 1-6, 2019.
- CECI, Michael W.; KUMAR, V. K.; A Correlational Study of Creativity, Happiness, Motivation, and Stress from Creative Pursuits. **Springer**. Pensilvânia, Vol. 17, p. 609 – 626, 2015.
- COGDELL-BROOKE, Lucy, S.; SOWDEN, Paul, T.; VIOLANTE, Inês, R.; THOMPSON, Hannah, E. A meta-analysis of functional magnetic resonance imaging studies of divergent thinking using activation likelihood estimation. **Human Brain Mapping**. Vol. 41, n. 17, p. 5057-5077, 2020.
- DAVIS, Mark, A. Understanding the relationship between mood and creativity: A meta-analysis. **Organizational Behavior and Human Decision Processes**. Vol. 108, p. 25-38, 2009.

DEBOWSKI, Maciej. Brain lobes - annotated MRI. Case study, Radiopaedia.org, 2018. Disponível em <<https://radiopaedia.org/cases/brain-lobes-annotated-mri-1>> Acesso em 01/04,2022. <https://doi.org/10.53347/rID-61691>

DE KLOET, Ron; JOËLS, Marian; HOLSBOER, Florian. Stress and the Brain: From Adaptation to Disease. **Nature Reviews | Neuroscience**. Amsterdã, Vol 6, p. 463 - 475, 2005.

DE DREU, Carsten, K. W.; BAAS, Matthijs; NIKSTAD, Bernard A. Hedonic tone and activation level in the mood-creativity link: Toward a dual pathway to creativity model. **Journal of Personality and Social Psychology**. Vol. 95, n. 5, p. 739-756, 2008.

DICKERSON, Sally, S.; KEMENY, Margaret, E. Acute stressors and cortisol responses: a theoretical integration and synthesis of laboratory research. **Psychol Bull**. Vol. 130, n. 3, p. 355-391, 2004.

DIETRICH, Arne. The cognitive neuroscience of creativity. **Psychonomic Bulletin & Review**. Líbano, Vol. 11, n. 6, p. 1011-1026, 2004.

DUFF, Melissa, C. KURCZEK, Jake; RUBIN, Rachael; COHEN, Neal, J.; TRANEL, Daniel. Hippocampal amnesia disrupts creative thinking. **Hippocampus**. Vol. 23, n. 12, p. 1143 – 1149. 2013.

FUENTES-GARCÍA, Juan Pedro, et al. Chess Players Increase the Theta Power Spectrum When the Difficulty of the Opponent Increases: An EEG Study. **International Journal of Environmental Research and Public Health**. Cáceres, Vol. 14, n. 46, p. 1-9, 2019.

GALASINSKA, Katarzyna; SZYKOW, Aleksandra. The More Fertile, the More Creative: Changes in Women's Creative Potential across the Ovulatory Cycle. **International Journal of Environmental Research and Public Health**. Polônia, V. 18, n. 5390, p. 1-15, 2021.

GONEN-YAACOVI, Gil et al. Rostral and caudal prefrontal contribution to creativity: a meta-analysis of functional imaging data. **Frontiers In Human Neuroscience**. Vol. 7, 2013.

HERMANS, Erno J, et al. Dynamic adaptation of large-scale brain networks in response to acute stressors. **Trends in Neurosciences**. Amsterdã, Vol 37, n. 6, p. 304 – 314, 2014.

HERTENSTEIN, Elisabeth, et al. Modulation of creativity by transcranial direct current stimulation. **Brain Stimulation**, Vol. 12, n. 5, p. 1213 – 1221, 2019.

JUNG, Rex E.; MEAD, Brittany, S.; CARRASCO, Jessica; FLORES, Raneé A. The structure of creative cognition in the human brain. **Frontiers in Human Neuroscience**. Vol. 7, p. 1-13, 2013.

JUNG, Rex E.; GRAZIOPLANE, Rachael; CAPRIHAN, Arvind; CHAVEZ, Robert S.; HAIER, Richard, J. White matter integrity, creativity, and psychopathology: Disentangling constructs with diffusion tensor imaging. **PLoS ONE**. Vol. 5, n. 3, 2010.

JUSTER, Robert-Paul; MCEVEN, Bruce, S.; LUPIEN, Sonia, J. Allostatic load biomarkers of chronic stress and impact on health and cognition **Neurosci Biobehav Ver**. Vol. 35, n. 1; p. 2-16, 2010

- KAIMAL, Girgija, et al. Outcomes of Therapeutic Artmaking in Patients Undergoing Radiation Oncology Treatment: A Mixed-Methods Pilot Study. **Integrative Cancer Therapies**. Filadélfia, Vol. 19, p. 1-14, 2020.
- KANG, Soo-Ji; KIM Hyon-Suh; BAEK, Kwang-Hyun. Effects of Nature-Based Group Art Therapy Programs on Stress, Self-Esteem and Changes in Electroencephalogram (EEG) in Non-Disabled Siblings of Children with Disabilities. **International Journal of Environmental Research and Public Health**. Província de Gyeonggi, Vol. 18, n. 11, p. 1-10, 2021.
- KAUFMAN, Jason, A. Nature, Mind and Medicine: A Model For Mind-Body Healing. **Explore** Vol. 14, n.4, p. 268-276, 2018.
- KULIKOWSKI, Konrad. Cognitive abilities - a new direction in burnout research. **European Journal of Work and Organizational Psychology**. Vol. 30, n. 5; p. 705 – 719, 2021.
- KLOET, E. Ron; JOËLS, Marian; HOLSBOER, Florian; Stress and the brain: from adaptation to disease. **Nature Reviews | Neuroscience**, Amsterdã, Vol. 6, p. 463-475, 2005.
- LAI, George, et al. Acute Effects and the Dreamy State Evoked by Deep Brain Electrical Stimulation of the Amygdala: Associations of the Amygdala in Human Dreaming, Consciousness, Emotions, and Creativity **Frontiers in Human Neuroscience**. Estados Unidos, Vol. 14, n. 61, p. 1-8, 2020.
- NAIR, Neetu, et al. Effects of stress on functional connectivity during problem solving. **Neuroimage**, Columbia, Vol. 208, p. 1-9, 2020.
- PAPOUSEK, Ilona, et al. The capacity for generating cognitive reappraisals is reflected in asymmetric activation of frontal brain regions. **Brain Imaging and Behavior**. Austria, Vol. 11, p. 577-590, 2017.
- RAUCHLE, Marcus, E.; SYNDER, Abraham, Z. A default mode of brain function: A brief history of an evolving idea, **NeuroImage**. Vol. 37, p. 1083 – 1090, 2007.
- RIGON, Arianna, et al. Traumatic brain injury and creative divergent Thinking. **Brain Injury**. Nashville, Vol. 34, n.6, p. 793 – 800, 2020.
- RUBIN, Rachael, D.; WATSON, Patrick, D.; DUFF, Melissa, C.; COHEN, Neal, J. The role of the hippocampus in flexible cognition and social behavior. **Frontiers in Human Neuroscience**. Vol. 8, p. 1-15. 2014
- RUBINSTEIN, D., & LAHAD, M. Fantastic Reality: The Role of Imagination, Playfulness, and Creativity in Healing Trauma. **Traumatology**. **Advance online publication**. Israel, p. 1-10, 2021.
- RUNCO, Mark. Creativity: Theories and themes: Research, development, and practice. **Elsevier Academic Press**. 2007
- RUNCO, Mark; YORUK, Sureyya. The Neuroscience of Divergent Thinking. **Activitas Nervosa Superior**. Vol. 56, p. 1-16. 2014

- SRINIVASAN, Narayanan. Cognitive neuroscience of creativity: EEG based approaches. **Methods**, India, Vol. 42, p. 109 – 116, 2006.
- STERNBERG, Robert; KARAMI, Sareh. 8P Theoretical Framework for Understanding Creativity and Theories of Creativity. **The Journal of Creative Behavior**. Nova Iorque, Vol. 0, n. 0, p. 1-20, 2021.
- STUDER-LUETHI, Barbara, et al. A cross-sectional survey of a public, evidence-based multimodal program for cognitive health in older adults. **Archives of Public Health**. Suíça, Vol. 79, n. 165, p. 1-11, 2021.
- TAKEUCHI, Hikaru; TAKI, Yasuyuki, HASHIZUME, Hiroshi; SASSA, Yuko; NAGASE, Tomomi; NOUCHI, Rui; KAWASHIMA, Ryuta. The Association between Resting Functional Connectivity and Creativity. **Cerebral Cortex**. Vol. 22, n. 12, p. 2921-2929, 2012.
- VAN MARLE, Hein, J. F.; HERMANS, Erno, J.; QIN, Shaozheng; FERNANDÉZ, Guillén; Enhanced resting-state connectivity of amygdala in the immediate aftermath of acute psychological stress. **Neuroimage**. Vol. 53, n.1, p. 348-354. 2010
- VAN OORT, Jasper; TENDOLKAR, Indira; HERMANS, Erno, J; MULDER, Peter, C. R.; BECHERMANN, Christian F.; SCHENE, Aart, H.; FERNANDÉZ, Guillén; VAN EIJNDHOVEN, Philip. F.; How the brain connects in response to acute stress: A review at the human brain systems level. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**. Vol. 83, p. 281 – 297, 2017.
- VARTANIAN, Oshin, Dissociable neural systems for analogy and metaphor: Implications for the neuroscience of creativity. **British Journal of Psychology**. Vol. 103, n. 3, p. 302-316, 2011.
- VARTANIAN, Oshin; SAINT, Sidney Ann; HERZ, Nicole; SUEDELD, Peter; The Creative Brain Under Stress: Considerations for Performance in Extreme Environments. **Frontiers in Psychology**, Estados Unidos, Vol. 11, p. 1 – 7, 2020.
- WALLAS, Graham. **The art of Thought**. 1ª Edição. Londres: C.A. Watts & Co. Ltd, 1945. Acesso em 14 março 2022 <http://nla.gov.au/nla.obj-502468959>
- WANG, Yifan, et al. Transcranial direct current stimulation of bilateral dorsolateral pre-frontal cortex eliminates creativity impairment induced by acute stress. **International Journal of Psychophysiology**, Xi'na, Vol. 171, p. 1-11, 2022.
- WU, Xin, et al. A meta-analysis of neuroimaging studies on divergent thinking using activation likelihood estimation. **Human Brain Mapping**. Vol. 36, p. 2703 - 2718. 2015
- YEH, Yu-chu, et al. How stress influences creativity in game-based situations: Analysis of stress hormones, negative emotions, and working memory, **Computers and Education**, Vol. 81, p. 143-153, 2015.

ZEIDMAN, Peter; MAGUIRE, Eleanor, A. Anterior hippocampus: the anatomy of perception, imagination and episodic memory. **Nature Reviews Neuroscience**. Vol. 17; p. 173-182, 2016