



UNIVERSIDADE
CATOLICA
PORTUGUESA

NEUROCIÊNCIA DO BRINCAR

REVISÃO *SCOPING*

Cláudia Alexandra Gonçalves Valente

Professor de Seminário de Dissertação:

PROFESSORA DOUTORA MARIA VÂNIA SILVA NUNES

Orientador de Dissertação:

PROFESSORA DOUTORA MARIA VÂNIA SILVA NUNES

Tese submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de:

MESTRE EM NEUROCIÊNCIAS COGNITIVAS E COMPORTAMENTAIS

Ramo Aplicado

2021

Dissertação de
Mestrado realizada sob a orientação de Professora Doutora Maria Vânia Nunes apresentada no ISPA –
Instituto Universitário para obtenção de grau de Mestre de Neurociências Cognitivas e Comportamentais
Ramo Aplicado.

AGRADECIMENTOS

À Dr. ^a Paula Serrano, por ter aceite sem hesitar o desafio de me orientar neste percurso, pela disponibilidade de me ajudar mesmo com o seu tempo bastante ocupado, pelas aprendizagens e partilhas e por toda a valorização do meu trabalho.

À Professora Dr. ^a Maria Vânia Nunes, pela orientação, pelas reflexões, pelos momentos de incentivo na procura de complemento à minha área de licenciatura.

À Universidade Católica Portuguesa e ao ISPA pela oportunidade de seguir o meu percurso académico de uma forma diferente.

À minha família e amigos pelo apoio incondicional que me deram ao longo desta etapa, obrigada pelos momentos de desabafo e felicidade que me proporcionaram em momentos de desânimo e frustração.

A todos, Muito Obrigada!

RESUMO

O Brincar tem sido pouco explorado e tem sido investigado sobretudo como um meio para alcançar um objetivo. Com os avanços da neurociência é possível aumentar o conhecimento sobre as relações cérebro-comportamento. O brincar na visão neurocientífica tem sido essencialmente explorado com base no modelo animal.

Neste contexto, a presente revisão *Scoping* tem como objetivo identificar o estado da arte sobre a neurociência do brincar em mamíferos. No total dos seis estudos incluídos, cinco avaliaram as bases neurais do brincar social em ratos, inclusive *rough and tumble play*. Apenas um dos estudos analisados abordou o brincar simbólico em humanos. Nas investigações realizadas o brincar foi avaliado através da análise comportamental e da componente neural, com técnica de imagem *fNRIS* e análise molecular.

Os resultados encontrados apontam que durante o brincar ocorre uma ativação de estruturas cerebrais do sistema límbico (hipotálamo, amígdala, cíngulo, tálamo e habénula), do córtex pré-frontal e orbitofrontal e do sulco temporal superior posterior. Sinaliza-se também a atividade química de opióides, endocanabinóides, dopamina, oxitocina e noradrenalina. Com os estudos observados é possível verificar que o brincar envolve três circuitos neurais: circuitos responsáveis pela motivação (estruturas límbicas), pela motricidade (estruturas somatossensoriais) e pelo funcionamento executivo (córtex frontal).

Palavras-chave: Neurociência; Circuito Neural; Brincar Social; Brincar Livre; Brincar simbólico

ABSTRACT

Play has been little explored and has been investigated mainly as a means to achieve a goal. With advances in neuroscience, it is possible to increase knowledge about brain-behavior relationships. Play in the neuroscientific view has been essentially explored based on the animal model.

In this context, this Scoping review aims to identify the state of the art on the neuroscience of playing in mammals. Six studies analyzed assessed the neural bases of social play, including rough and tumble play. Only one study addressed symbolic play in humans. In the investigations carried out, playing was evaluated through behavioral and neural component analysis, with the fNRIS image technique and molecular analysis.

The results found show that, when play, there is an activation of brain structures of the limbic system (hypothalamus, amygdala, cingulate, thalamus and habenula), the prefrontal and orbitofrontal cortex and posterior superior temporal sulcus. The chemical activity of opioids, endocannabinoids, dopamine, oxytocine and norepinephrine is also signaled. From the observed studies, it is possible to verify that play involves three neural circuits: circuits responsible for motivation (limbic structures), motricity (somatosensory structures) and executive function (frontal cortex).

Key-words: Neuroscience; Neural Circuit; Social Play; Free play; Pretend play

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	III
RESUMO.....	IV
ABSTRACT	V
ÍNDICE.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABELAS	VII
ÍNDICE DE ANEXOS	VII
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	VIII
1- INTRODUÇÃO	9
1- ENQUADRAMENTO TEÓRICO DO BRINCAR	10
1.1- Progressão histórica do brincar através das ciências sociais	10
1.2- Definição do Brincar e tipos de brincar.....	11
Brincar sensório-motor das crianças.....	12
Brincar simbólico.....	12
Brincar social.....	13
1.3- <i>Insights</i> da Neurociência do brincar no modelo animal	13
Brincar nos mamíferos.....	13
A neuroquímica do Brincar Social em ratos	14
Brincar Social nos primatas	15
1.4- Circuitos neurais do brincar.....	15
1.5- Brincar, perspectiva neurocientífica e importância para a saúde e desenvolvimento da criança.....	16
2- PROBLEMÁTICA DE INVESTIGAÇÃO.....	17
3- METODOLOGIA	18
3.1. Referencial teórico-metodológico.....	18
3.2. Procedimento metodológico	18
4- RESULTADOS	21
5- DISCUSSÃO.....	36
6- CONCLUSÃO	39
7- BIBLIOGRAFIA.....	41
ANEXO I.....	45

ANEXO II.....	49
---------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fluxo PRISMA do método de seleção dos artigos para revisão.....	20
---	----

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Descrição geral dos artigos incluídos na revisão sistemática.....	21
Tabela 2. Síntese dos artigos incluídos na revisão sistemática.....	23

ÍNDICE DE ANEXOS

Tabela de pesquisa nas bases de dados.....	48
Caracterização dos estudos	51

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ACEA- agonista CB1

AAV- vetores virais adeno-associados

EEG- eletroencefalograma

fNIRS- Functional near-infrared spectroscopy

FpCD- células positivas c-fos

Gp1a- agonista CB2

NIRScap- Near Infrared Spectroscopy

Oprm1- gene que produz a proteína receptor mu (μ) opióide

OxyR- gene

Pinning- playful defense

Pouncing- play initiation

RX821002- antagonista do receptor $\alpha 2$ adrenérgico

WIN55,212-2- agonista endocanabinóide

1- INTRODUÇÃO

O Brincar tem sido pouco explorado e tem sido investigado sobretudo como um meio para alcançar algo, por exemplo o brincar para criar relação terapêutica ou para alcançar determinadas competências. Apesar disso, Bundy (1997) in Parham & Fazio (1997) defende que o brincar não tem como objetivo principal a aquisição de competências, mas sim o *playfulness*, ou seja, a criança brincar envolvida e motivada. Pretendeu-se realizar uma revisão *Scoping* sobre o brincar, de modo a identificar o que se conhece sobre o tema e o que necessita de ser explorado na área da neurociência.

Com os inúmeros avanços da neurociência, conseguimos aumentar o nosso conhecimento sobre as relações entre cérebro e comportamento. A neurociência tem sido uma mais-valia para a descrição dos comportamentos e o brincar na visão neurocientífica tem sido essencialmente explorado com base no modelo animal (Smith & Roopnarine, 2019) e, embora seja possível extrapolar alguma coisa para os humanos, ainda existem muitas lacunas sobre a neurociência do brincar nas crianças. Será que estamos preparados para defender cientificamente os benefícios do brincar e tornar o brincar um objetivo de intervenção?

Com base na revisão da literatura, o trabalho foi dividido em duas partes: Primeiramente apresentou-se a revisão sobre o brincar, os diferentes tipos de brincar e os *insights* da neurociência através de estudos realizados com o modelo animal. Posteriormente, apresentou-se a questão em estudo e os objetivos. No capítulo seguinte descreveu-se a metodologia utilizada. Por fim, analisaram-se e apresentaram-se os resultados e a sua discussão, as limitações inerentes e as sugestões para estudos futuros. Por fim, são expostas as conclusões.

1- ENQUADRAMENTO TEÓRICO DO BRINCAR

Atualmente, o brincar tem sido uma preocupação e um tema cada vez mais investigado. Da revisão bibliográfica destacam-se várias teorias do brincar nas ciências sociais e algumas sobre as bases neurais do brincar no modelo animal. Contudo, surgem reduzidas abordagens sobre as bases neurais do brincar nos humanos e o seu papel importante no desenvolvimento das crianças.

1.1- Progressão histórica do brincar através das ciências sociais

O brincar é explorado por diversos investigadores com perspectivas díspares. Destacam-se as teorias psicodinâmicas, a teoria de aprendizagem social, as teorias cognitivas e neuro-biológicas.

Nas teorias psicodinâmicas destacam-se Freud, Erikson e Jung que defendem que o brincar surge para o desenvolvimento emocional, ou seja, através do brincar as crianças lidam com acontecimentos desagradáveis e com os mecanismos emocionais para os enfrentar (Johnson et al., 2005). Segundo Freud (1961), a criança no brincar muda de função, isto é, a criança tem um papel ativo na situação em que já foi vítima (Parham & Fazio, 1997). Erikson (1963) com base na teoria de Freud, refere que ao brincar a criança desenvolve o ego e cria mecanismos que contribuem para melhorar mecanismos de *coping* (Parham & Fazio, 1997).

Das teorias da aprendizagem social destacam-se os ideais de Skinner e Bandura, num aspeto mais cognitivo salientam-se as teorias de Piaget, Vygotsky, Bruner e Sutton-Smith. Shore surge com o brincar numa perspectiva neuro-biológica (Johnson et al., 2005).

Piaget (1936) refere que o brincar divide-se em três estádios: brincar sensório-motor (2 anos), brincar pré-operacional (2-7 anos) e operações concretas (7- 11 anos) (Parham & Fazio, 1997). Segundo Vygotsky ao brincar as crianças constroem o pensamento abstrato e desenvolvem o auto-controlo, a cooperação, a memória, a linguagem e a alfabetização. Bruner (1972) sugere que o brincar contribui para competências de resolução de problemas que serão importantes no futuro (Parham & Fazio, 1997). Segundo esta teoria, o brincar não é direcionado para um fim, a criança à medida que brinca experimenta várias combinações, o que conduz também à resolução de problemas. Para além disso, nesta teoria surge o brincar sócio-dramático, onde a criança cria uma narrativa durante o brincar. Sutton-Smith (1997) define o brincar como uma atividade voluntária, na qual a criança interage com brinquedos/objetos sobre

os quais tem controlo. O brincar é importante para a adaptabilidade e requer maior flexibilidade de comportamento. A variabilidade tem impacto positivo na criatividade e na resolução de problemas.

A nível neuro-biológico, Shore (1997) valoriza a importância do impacto ambiental apropriado no cérebro (estímulo nutricional ou *input* negativo, que leva ao stress). Segundo esta teoria o brincar fortalece a maturação cerebral, o desenvolvimento, a poda e a manutenção dos circuitos cerebrais, nutrindo um maior número de sinapses. No brincar a criança interage com o ambiente físico e social, o qual é orientado pela mesma. Estes comportamentos promovem o fortalecimento de redes neuronais responsáveis pela linguagem, resolução de problemas, envolvimento emocional e social e o processamento sensorial.

1.2- Definição do Brincar e tipos de brincar

Tendo um carácter aparentemente intuitivo, não é fácil definir o brincar. Takata (1974) constrói uma taxonomia para o brincar, a qual engloba: brincar sensório motor dos 0 aos 2 anos, brincar simbólico e construtivo simples dos 2 aos 4 anos, brincar dramático, construção complexa e pré-jogo dos 4 aos 7 anos, o jogo com regras dos 7 aos 12 anos e o brincar recreacional dos 12 aos 16 anos, que já envolve brincar de cooperação, competição e capacidades mais complexas.

Reilly (1974) define o brincar como multidimensional e admite que brincar é uma junção das teorias cognitivas de Piaget com os mecanismos neurofisiológicos de Ellis. Ellis et al. (1973) presume que o grau de estímulo ambiental durante o brincar (por exemplo, tamanho do grupo e quantidade de brinquedos) irá influenciar o *arousal* e os batimentos cardíacos das crianças. No seu estudo verificou um maior ritmo cardíaco em grupos de duas crianças e uma maior oscilação do ritmo, num ambiente com menos brinquedos.

O Brincar como ocupação na área da Terapia Ocupacional surge na Ciência Ocupacional e no modelo de *playfulness* de Bundy (Parham & Fazio, 1997). Neste modelo, o brincar depende de três elementos: da motivação intrínseca (capacidade de escolher a brincadeira e capacidade de se manter no processo), do controlo interno (capacidade de decisão, modificação da brincadeira e interação com objetos) e da liberdade para suspender a realidade (criatividade e representação de papéis). Para além deste modelo, o brincar também começou a ser explorado por Loree Primeau (1995) in Parham & Fazio (1997) através de observações do brincar entre pais e filhos durante a rotina diária. Identificaram que o adulto utilizava como estratégias pistas verbais e modificação do ambiente, para incluir o filho nas tarefas do dia a dia em casa. Processo

que ficou conhecido por *occupational scaffolding*, e que permitiu que a criança desempenhasse a tarefa de lavar a loiça motivada e a brincar.

O brincar é de facto um conceito difícil de definir e engloba componentes motivacionais, cognitivos, sociais e sensório-motores, sendo por isso importante analisar o nível cognitivo, comportamental e neurológico do brincar.

O brincar divide-se em brincar livre e estruturado. De acordo com Ferland (2005) o brincar livre diz respeito ao tipo de brincar onde a criança decide sem indicações o que fazer. Pelo contrário, no brincar estruturado existem regras. Normalmente neste tipo de brincar, há uma aprendizagem específica, por exemplo nos jogos de encaixe a criança aprende determinadas competências.

Para além do brincar livre e estruturado, existe o brincar motor, brincar simbólico, brincar com objetos e brincar social.

Brincar sensório-motor das crianças

Koziol et al. (2012) tem discutido a importância do papel sensório-motor nas áreas cerebrais e o desenvolvimento do funcionamento cognitivo. No nascimento, o cérebro do recém-nascido tem mais conexões sinápticas no córtex sensório-motor e no cerebelo, visível na execução de reflexos motores. Por volta dos dois aos três meses de idade, a atividade cerebral aumenta nos hemisférios, lobos parietais e temporais, no córtex visual primário e gânglios da base (Bergen & Woodin, 2010), resultando no início de movimentos intencionais da criança. Koziol et al. (2012) afirmam que o cerebelo tem um papel importante no início do desenvolvimento dos processos motores, estes autores sugerem que a integração sensório-motora da criança com o meio permite estabelecer as bases para o desenvolvimento do funcionamento executivo. Entre um e dois anos de idade, há um crescimento exponencial de conexões sinápticas, visíveis no comportamento das crianças e nas capacidades, como a linguagem e o brincar simbólico (Coude et al., 2016).

Brincar simbólico

O brincar simbólico envolve representação e simulação de uma ação real, como por exemplo um objeto ser utilizado para outra função (Weisberg, 2015). Este tipo de brincar surge por volta dos dezoito meses, iniciando pelo uso do objeto, mas com função diferente da real. Entre os três e cinco anos, a criança começa a utilizar objetos invisíveis durante o brincar simbólico- também denominado como brincar imaginário. A Teoria da Mente surge neste tipo

de brincar, no qual une o simbólico/imaginário e a capacidade de inferir os estados mentais do outro.

Brincar com objetos

Brincar com objetos surge pela primeira vez aos doze meses, aumenta durante a pré-escola e depois tende a diminuir (Smith & Roopnarine, 2019). Este tipo de brincar envolve competências de manipulação e exploração dos objetos, que permitem o desenvolvimento de competências de resolução de problemas.

Brincar social

O brincar social inclui perseguição e luta, intitulada como *rough and tumble play* (VanRyzin et al., 2020). Este tipo de brincar nas crianças surge por volta dos três anos de idade e tem o seu pico entre os cinco e oito anos (Smith & Roopnarine, 2019). Inclui comportamentos de luta, com regras e linguagem verbal e não verbal. Nos primatas o *rough and tumble play* é mais complexo e envolve padrões de comunicação- expressões faciais e padrões motores- saltos, cambalhotas e rotação da cabeça (Palagi et al., 2016).

Independentemente do tipo de brincar, este é importante para a aquisição de competências e desenvolvimento de circuitos neurais.

1.3- Insights da Neurociência do brincar no modelo animal

Brincar nos mamíferos

O brincar surge nos mamíferos aquáticos, nos primatas e nos roedores. Investigações com chimpanzés selvagens descobriram que o brincar social é amplamente responsável pela propagação de infeções respiratórias letais entre jovens (Kuehl et al., 2008). Os animais ao brincar também estão mais propensos à predação, uma vez que estão menos vigilantes e mais visíveis aos predadores. O brincar também pode ter repercussões indiretas de sobrevivência, por exemplo a chita ao brincar com as crias fica menos alerta, reduzindo o sucesso de caça (Smith & Roopnarine, 2019).

Deste modo, se o brincar leva a consequências negativas e os animais continuam a brincar, então este também deve oferecer benefícios. Vários estudos descobriram a ligação entre

o brincar e a capacidade de sobrevivência e reprodução nos mamíferos. O brincar proporciona a aquisição de competências motoras aos mamíferos, como saltar, correr, trepar. Um estudo com crias da espécie macaco-de-Assam, mostrou que as crias que passaram a maioria do tempo em atividades de *rough-and-tumble play*, como trepar e saltar, alcançaram um equilíbrio mais eficiente do que os mais passivos. Para além dos benefícios motores, sabe-se que brincar também está associado ao nível de cortisol no sangue e redução de stress, tal como demonstrado no estudo experimental com a espécie de primata Saimiri (Smith & Roopnarine, 2019). Similarmente, Potasz et al. (2014) avaliou o nível de cortisol de crianças hospitalizadas. Para obter o *baseline* do nível de cortisol das crianças, foi realizada uma colheita de urina no primeiro dia de internamento. As crianças dividiram-se no grupo de brincar e no grupo de não brincar. O grupo de brincar, diariamente dirigia-se para uma sala com diversos brinquedos durante 2 horas. Com os vários brinquedos eram livres de escolher brincar sozinhas, com outras crianças que se encontravam na sala ou com o adulto. A segunda recolha de urina, para comparar o nível de cortisol dos dois grupos foi realizada no quinto dia de internamento. Comparando os grupos, as crianças que brincaram mostraram níveis de cortisol mais baixos.

A neuroquímica do Brincar Social em ratos

Os opióides, endocanabinóides, dopamina e noradrenalina estão envolvidos em vários aspetos do brincar social. Esses neurotransmissores regulam o brincar social através de uma rede distribuída de regiões do córtex frontal e do sistema límbico. A neurotransmissão opióide desempenha um papel importante nas propriedades prazerosas do brincar social, os canabinóides estão relacionados com os aspetos emocionais e cognitivos do brincar social. A dopamina está implicada na motivação e a noradrenalina nos aspetos emocionais e cognitivos do comportamento das brincadeiras sociais. A serotonina também modula o comportamento das brincadeiras sociais. Em suma, o comportamento das brincadeiras sociais é o resultado de uma coordenação de atividade na rede de estruturas cerebrais corticais e límbicas e dos neurotransmissores.

Nas investigações de Trezza et al. (2012) os ratos durante o brincar, aumentaram os níveis de endocanabinóides no núcleo accumbens e na amígdala. Uma análise aprofundada das regiões do cérebro envolvidas na modulação endocanabinóides do brincar social, revelou que a amígdala e o núcleo accumbens (Manduca et al., 2016) têm um papel crucial na modulação do brincar social por endocanabinóides anandamida e 2-AG, respetivamente.

Brincar Social nos primatas

O brincar social, particularmente a luta, envolve uma competição e uma procura de domínio. Uma luta envolve cooperação entre os animais, que têm de manter a brincadeira lúdica. Para isso, os primatas escolhem o seu parceiro para brincar/lutar com base no sexo, idade, parentesco e dominância. Normalmente, elegem parceiros com oportunidades semelhantes de dirigir ou dominar a brincadeira, permitindo que eles concorram sobre tipos de brincar, duração e intensidade (Smith & Roopnarine, 2019).

Os primatas também utilizam sinais para brincar, tais como vocalizações, posturas e expressões faciais para iniciar e manter o brincar social. Entre os primatas em cativeiro, os chimpanzés emitem mais e mais intensos sinais de reprodução, quando o potencial de agressão é alto, por exemplo quando um jogador mais velho pede para brincar com um parceiro mais jovem ou quando a mãe do parceiro mais novo está presente (Cordoní & Palagi, 2011).

1.4- Circuitos neurais do brincar

Ao brincar são ativados circuitos de recompensa mesolímbicos semelhantes em cinco linhagens de vertebrados: mamíferos, pássaros, répteis, anfíbios e peixes. No brincar social estão implicados circuitos do córtex pré-frontal, estriado e núcleo accumbens (O'Connell & Hofmann, 2011). Lesões no córtex pré-frontal resultam na incapacidade de brincar e a infusão de agonistas do recetor GABA reduz a frequência e a duração do brincar (L. W. Van Kerkhof et al., 2013).

A integridade funcional do pré-frontal medial e orbitofrontal é importante para o animal iniciar a interação *playful*. *Inputs* glutamatérgicos no estriado dorsomedial exercem um controlo inibitório do brincar social, enquanto a inibição do núcleo accumbens prolonga as interações *playful* (Van Kerkhof et al., 2013).

Com base no comportamento animal e nos estudos até agora realizados podemos extrapolar o carácter transversal do brincar noutras ordens de mamíferos, para o brincar nos primatas- humanos. Contudo, identificam-se reduzidos estudos sobre as bases neurofisiológicas do brincar humano. A realização desta revisão *Scoping* pretende identificar o estado de arte do estudo neurocientífico do brincar em mamíferos.

1.5- Brincar, perspectiva neurocientífica e importância para a saúde e desenvolvimento da criança

Zosh et al. (2018) descrevem o brincar como um espectro por envolver diversas competências motoras, sensoriais, cognitivas, sociais e emocionais. Analisando todas as evidências científicas podemos afirmar que o brincar tem três formas: brincar com o corpo, brincar com objetos e brincar simbólico. O desafio da neurociência no brincar é a captura do comportamento de brincar a nível neural.

Neale et al. (2018) tentam criar uma metodologia para codificar o comportamento de *playful* das crianças, durante interação mãe-criança com objetos, com recurso a EEG. O brincar é analisado/codificado em três dimensões: cognitivo (atenção), sensório-motor (contacto com o brinquedo) e sócio-emocional (efeito negativo/positivo). Cinco mães e cinco filhos, com idade média de 10 meses e sem problemas neurológicos e visão e audição normais participaram no estudo experimental, dividido em duas fases. Na fase 1 (brincar não conduzido), a mãe explora objetos e expressa sentimentos negativos e positivos enquanto explora os brinquedos, em seguida os mesmos objetos são dados à criança para explorar. Na fase 2 (brincar conduzido), a mãe brinca com o filho com brinquedos atrativos. Durante a fase 1, as crianças estão passivas, mas atentas. Na fase 2, na qual a mãe brinca com o filho há uma diminuição de afetos negativos, aumenta o envolvimento sensório-motor com o brinquedo e a atenção.

Com base no estudo acima supracitado e no de Yogman et al. (2018) da Academia Americana de Pediatria, comprova-se que o brincar produz efeitos no cérebro. O brincar reduz o stress, estimula o funcionamento executivo, o desenvolvimento social, desenvolvimento físico/motor e promove saúde (a atividade física inerente ao brincar envolve exercícios cardiovasculares, que melhoram esse sistema). Veiga et al. (2016) no estudo piloto averiguou a relação entre brincar livre e competências sociais e como esta relação pode ser mediada por aspetos emocionais. Participaram no estudo setenta e oito crianças entre os quatro e seis anos de idade. Os resultados demonstraram que o brincar livre traz menos comportamentos disruptivos e as crianças que brincam livremente têm mais capacidade de reconhecer emoções dos outros.

2- PROBLEMÁTICA DE INVESTIGAÇÃO

Questão para a Revisão *Scoping*

Pergunta científica/Questão em estudo: Como estão definidas e como são estudadas as bases neurais do brincar nos mamíferos?

Aos estudos encontrados irei realizar as seguintes questões:

Em que populações são feitos os estudos?

Como são definidas as bases neurais?

Quais as metodologias?

Quais as principais conclusões tiradas?

Objetivo: Analisar o estado da arte sobre a neurociência do brincar em mamíferos.

Key-words: Behavioral neuroscience; Neuroscience; Neural Circuit; Social Play; Free play; Pretend play; Play material; Animal play behavior

3- METODOLOGIA

3.1. Referencial teórico-metodológico

O referencial utilizado para a revisão foi *The Joanna Briggs Institute for Scoping Reviews*. O estudo é uma *Scoping Review*, exploratória, que objetiva identificar produção científica relevante numa determinada área, neste caso no Brincar.

Para a construção da pergunta da pesquisa, aplicou-se a estratégia PCC, que representa uma mnemônica para População, Conceito e Contexto, definindo: P – mamíferos; C - Neurociência; C - Brincar.

3.2. Procedimento metodológico

Bases de dados utilizadas: PubMed; EBSCO- nas bases de dados: Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature (CINAHL) e MEDLINE.

Critério de inclusão: Mamíferos. Estudos entre 2010 e 2021.

Critério de exclusão: Estudos com crianças com patologias, estudos com adultos e videojogos.

Para a combinação dos descritores, foram considerados os termos booleanos: AND e OR. Como limitador na pesquisa foi estabelecido investigações no período de 2010 a 2021. Para facilitar a pesquisa nas bases de dados e uniformizar os termos pesquisados, foi construído uma tabela com a População, Conceito, Contexto e Limitadores utilizados em cada base de dados (Anexo I).

De modo a organizar a revisão consideraram-se os seguintes pontos:

- **Questão de revisão:** Analisar e mapear os estudos que avaliem as bases neurais do brincar nos mamíferos.
- **Pesquisa:** PubMed; EBSCO- nas bases de dados: Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature (CINAHL) e MEDLINE.
Período de publicação: 2010-2021
- **Tipos de estudos incluídos:** Não há restrições no *design* dos estudos

- **Condição ou domínio estudados:** Brincar e Neurociência
- **Participantes/População:** Mamíferos
- **Conceito:** Neurociência
- **Contexto:** Brincar
- **Extração de dados:**
 - Artigos importados para o *Rayyan*;
 - Remoção dos artigos duplicados;
 - Pré-seleção por título e *abstract* no *Rayyan*, com a orientadora (2 revisores);
 - Discrepâncias discutidas e consenso dos artigos selecionados;
 - Apenas um revisor analisou os artigos com leitura total;
 - Dos estudos incluídos- extrair os dados demográficos, população, o *design* do estudo, metodologia utilizada e os resultados.
- **Perguntas realizadas aos estudos**
 1. Quais as características dos estudos sobre as bases neurais do brincar:
 - 1.1. Quais os tipos de brincar analisados?
 - 1.2. Quais os tipos de população analisados nos estudos?
 - 1.3. Que tipos de desenho experimental são usados (duração dos estudos, transversais, longitudinais ou mistos, com grupo controlo, sem grupo controlo...)
 - 1.4. Que aspetos das bases neurais são considerados nos estudos (regiões cerebrais, circuitos, estruturas etc.?)
 - 1.5. Quais as metodologias utilizadas para estudar as bases neurais? (EEG, RMf, comportamentais, etc.)
 - 1.6. Quais as principais conclusões dos estudos?
- **Estratégia para síntese de dados**

Os dados dos artigos incluídos na revisão serão sintetizados numa tabela e organizados consoante as perguntas realizadas aos artigos.

Seleção dos estudos

A pesquisa foi realizada em três bases de dados e foram encontrados cento e dezoito resultados. Os resultados duplicados foram eliminados e o número reduzido para noventa e três resultados. A seleção dos artigos foi realizada por duas fases- Fase 1: através da leitura do título e do resumo e Fase 2: Leitura completa dos artigos selecionados na Fase 1. (Fig.1). Para realizar

a Fase 1, foi utilizado o *Rayyan* QCRI e em BLIND-ON a aluna e a orientadora escolheram os artigos mediante os critérios de inclusão.

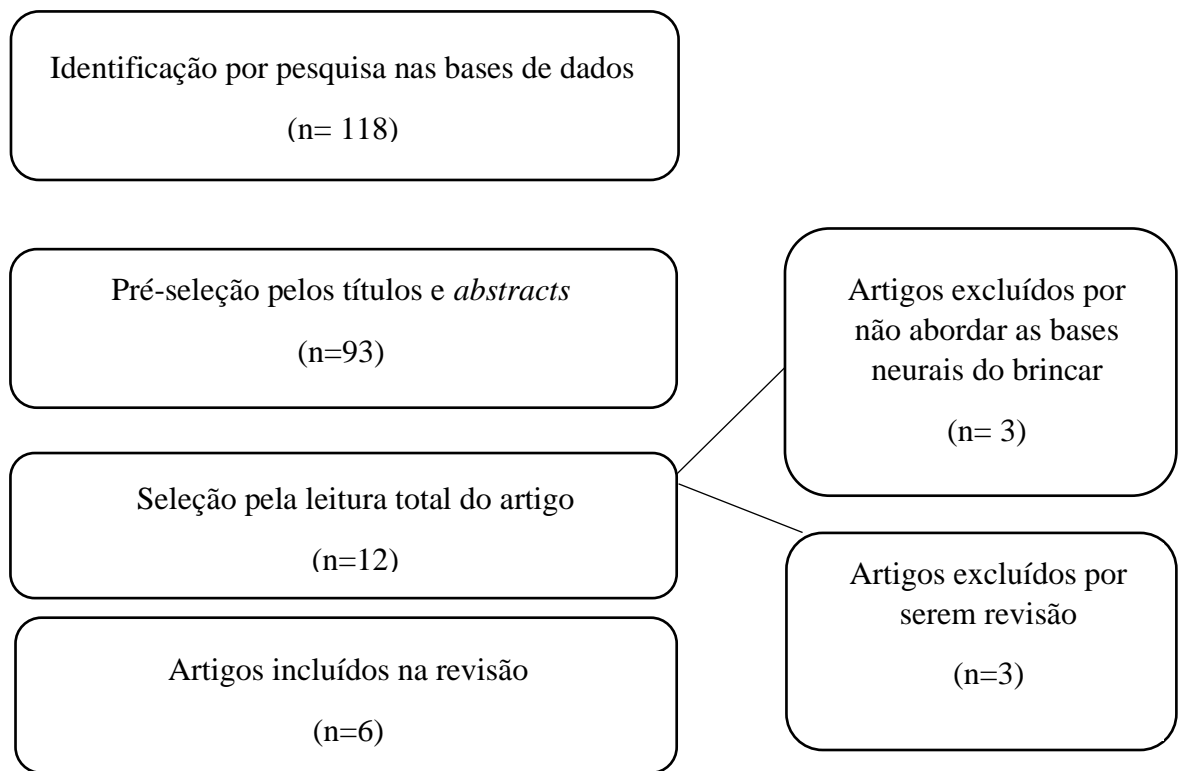


Fig 1. Fluxo PRISMA do método de seleção dos artigos para revisão.

Por ser uma revisão *Scoping*, não foi utilizada a avaliação da qualidade dos estudos através da adaptação de *Newcastle - Ottawa Quality Assessment Scale* (NOS), contudo foi utilizada para caracterizar os artigos incluídos (Anexo II).

4- RESULTADOS

Dos doze artigos para leitura completa foram incluídos seis artigos. (Tabela 1).

Dos artigos excluídos, três eram revisões sobre o tema e os restantes analisavam o brincar, mas sem investigar as bases neurais.

Os estudos incluídos na revisão evocam bases neurais do brincar livre, na sua maioria no modelo animal. Apenas um artigo tem como amostra a população humana.

Autor e Ano	País	Jornal	Tipo de estudo	População	Idades
Hashmi et al. (2020)	Suíça	<i>Frontiers Human Neuroscience</i>	Transversal	33 crianças com desenvolvimento normal, do sexo masculino e feminino	4 - 8 anos de idade
Zhao et al. (2020)	Estados Unidos	<i>Genes, Brain and Behavior</i>	Experimental	40 ratos <i>Sprague-Dawley</i> machos e 10 fêmeas	31-32 dias
Achterberg et al. (2018)	Holanda	<i>Behavioural Brain Research</i>	Experimental	Ratos <i>Wistar</i> machos	34 dias
Argue et al. (2017)	Estados Unidos	<i>eNeuro</i>	Experimental	160 ratos <i>Sprague-Dawley</i> machos e fêmeas	26-37 dias

Hehar et al (2016)	Suíça	<i>Developmental Neuroscience</i>	Transversal	80 ratos <i>Sprague- Dawley</i> machos e fêmeas	21 dias
Kerkhof et al. (2014)	Alemanha	<i>Brain Structure and Function</i>	Caso- Controlo	9 ratos <i>Wistar</i> machos	21 dias

Tabela 1. Descrição geral dos artigos incluídos na revisão *Scoping*.

Artigo	Tipos de brincar	População	Tipo de desenho	Objetivo	Aspetos das bases neurais (regiões cerebrais, circuitos, estruturas...)	Metodologia (EEG, RMf, Comportamentais...)	Resultados	Conclusão
Hashmi et al. (2020). Exploring the Benefits of Doll Play Through Neuroscience	Brincar simbólico com bonecos e brincar com tablet	33 crianças entre os 4 e 8 anos de idade, com desenvolvimento normal	Nos 2 blocos iniciais a criança brinca com o adulto. Nos restantes 6 blocos brinca sozinha e	Investigar a correlação neural do brincar simbólico, com bonecos relativamente ao brincar com tablet , num ambiente natural.	Ativação de regiões cerebrais no brincar com bonecos e com tablet e no brincar individual ou com pares.	<i>Functional near-infrared spectroscopy</i> (fNIRS) e vídeo, para analisar as expressões faciais durante o brincar. A sessão demora cerca de 1 hora. Antes da experiência, a criança explora o ambiente e brinca com o examinador. Há uma sessão de teste do <i>fNIRS</i>	<u>Questionário parental:</u> Dos trinta questionários completos, vinte e seis pais reportaram que as crianças usam o <i>tablet</i> em casa e vinte e dois mencionaram que as crianças brincam com bonecos em casa. Vinte e dois reportam que a criança utiliza o <i>tablet</i> na	O sulco temporal superior posterior é ativado quando a criança brinca com pares. Quando brinca sozinha é mais ativado quando brinca com bonecos, do que com <i>tablet</i> . Não há diferenças na ativação do córtex pré-frontal no brincar com bonecos e com <i>tablet</i> , o

			<p>volta a brincar em conjunto com o adulto nos dois últimos blocos.</p> <p>- Quais as áreas cerebrais envolvidas no brincar com bonecos e com <i>tablet</i>?</p> <p>- As áreas ativadas nos 2 tipos de brincar variam, se a criança brinca sozinha ou com pares?</p>		<p>com a criança sentada a ver um vídeo 5 min.</p> <p><u>Questionário parental:</u> Sobre a experiência da criança com <i>tablets</i> e bonecos e frequência de cada tipo de brincar.</p> <p><u>Paradigma experimental:</u> Entre cada bloco de brincar surge um vídeo baseline10s com cinco imagens aleatórias de vegetais. A sessão começa com 2 blocos de brincar em conjunto, com <i>tablet</i> e bonecos. Depois são alternados 6 blocos, 3 a criança brinca sozinha no <i>tablet</i></p>	<p>escola e doze que brincam com bonecos.</p> <p><u>Resultados fNRIS:</u> Sulco temporal superior posterior- maior ativação durante o brincar individual com bonecos do que com <i>tablet</i>; Córtex pré-frontal- Maior ativação do córtex pré-frontal direito durante o brincar com pares; Orbitofrontal- As crianças do sexo feminino tiveram uma maior ativação do orbitofrontal do que as crianças do sexo masculino, durante o brincar individual. Mas</p>	<p>que sugere que a criança não recruta diferentes funções executivas com os diferentes brinquedos (<i>tablet</i> ou boneco). O córtex pré-frontal direito é mais ativado durante o brincar conjunto. Em termos do processamento de recompensas, não há diferença de ativação no orbitofrontal nos diferentes tipos de brincar, mas há uma menor ativação nos rapazes durante o brincar sozinho.</p>
--	--	--	---	--	--	--	---

					<p>e 3 brinca sozinha com bonecos. No fim, há um bloco de brincar conjunto, com o <i>tablet</i> e outro com os bonecos.</p> <p><u>fNRIS:</u></p> <p>41 detetores inseridos num NIRScap flexível de <i>nylon</i>, cobrem o córtex frontal, temporal e parietal. Os sensores para registar hemoglobina oxigenada e desoxigenada são colocados no córtex orbitofrontal e pré-frontal e no sulco temporal posterior superior em ambos os hemisférios.</p>	<p>não há diferença na ativação no brincar com pares.</p>	<p>Este estudo foi a primeira evidência de que as regiões cerebrais envolvidas no processamento social são semelhantemente ativadas durante o brincar simbólico com bonecos, seja sozinho ou com pares.</p>
--	--	--	--	--	---	---	---

Zhao et al. (2020). Mu opioid receptors in the medial preoptic area govern social play behavior in adolescent male rats.	Brincar social	50 ratos <i>Sprague-Dawley</i> , 40 machos e 10 fêmeas com 31-32 dias	Com grupo controle (grupo de não brincar) e grupo experimental (grupo de brincar)	- Explorar se a área pré-ótica medial (hipotálamo) está envolvida no brincar social e determinar se os recetores mu opióides (MOR) estão envolvidos no brincar social.	Identificar circuitos e mecanismos moleculares dos recetores mu opióides no brincar social.	Comportamento: Com vídeo de 20 min. <u>Paradigma experimental</u> : 6 grupos de 5 ratos (4 machos e 1 fêmea). 1º- Em grupo; 2º- Após 3 dias, são isolados durante 24h; 3º- Depois do período de isolamento, juntam-se na caixa de teste. Após 90 min de teste (no grupo de brincar e no de não brincar) os ratos são anestesiados e o tecido cerebral removido e analisado. São injetados com AAV na área pré-ótica medial	<u>Brincar social aumenta a expressão Egr1 na área pré-ótica medial?</u> No grupo de brincar não houve correlação entre os componentes de brincar e a expressão do Egr1 na área pré-ótica medial. <u>Brincar social ativa os recetores mu opióides na área pré-ótica medial?</u> Sim. <u>Knockdown gene Oprm1</u> Reduz o <i>pouncing</i> (componente de iniciação do brincar).	A área pré-ótica medial do hipotálamo tem um papel no comportamento de brincar social dos ratos. O brincar social está associado ao aumento da expressão Egr1 na área pré-ótica medial. Com o <i>knockdown</i> do Oprm1 na área pré-ótica medial descobriu-se que os opióides desta área dirigem o brincar social. Com o <i>knockdown</i> ocorreu uma redução da frequência de <i>pouncing</i> .
--	-----------------------	---	---	--	--	---	--	---

						22 ratos machos. As AAV vão efetuar o <i>knockdown</i> do gene Oprm1.		
Achter-berg et al. (2018). On the central noradrenergic mechanism underlying the social play-suppressant effect of methylphenidate in rats	Brincar social	Ratos <i>Wistar</i> machos com 21 dias	Com 4 grupos de tratamento	Investigou a interconectividade da rede de regiões cerebrais responsáveis pelas componentes emocionais e cognitivas do brincar social, através do efeito supressor	Regiões cerebrais (córtex pré-frontal, amígdala, habénula)	<p>Infusão de metilfenidato e recetor antagonista RX821002 no córtex infra límbico e cíngulo anterior.</p> <p><u>Comportamento:</u> Numa caixa <i>Plexiglas</i>, após 2 dias de habituação ao local. No dia 33 pós-natal, os ratos são isolados 2,5h.</p> <p>O 1º dia de teste é PND36: 30 min antes do teste, os ratos são injetados com metilfenidato ou</p>	<p><u>Efeito do antagonista RX821002 na habénula no brincar social</u>- não houve efeito no <i>pinning</i>, <i>pouncing</i> ou exploração social do parceiro (<i>sniffing</i> ou <i>grooming</i>).</p> <p><u>Córtex infra-límbico</u></p> <p>O metilfenidato reduz <i>pinning</i> e <i>pouncing</i>. Mas não tem efeito na exploração social.</p> <p><u>Cíngulo anterior</u></p> <p>Ocorreu redução de <i>pinning</i> e <i>pouncing</i> com o metilfenidato, mas não</p>	<p>O efeito do tratamento com metilfenidato não altera com a infusão do antagonista $\alpha 2$-noradrenérgico RX821002.</p> <p>A infusão RX821002 no cíngulo anterior aumenta o comportamento de brincar social, sugerindo que esta região cerebral é importante na modulação noradrenérgica do brincar social.</p> <p>O metilfenidato afeta componentes emocionais,</p>

				com metilfenidato. H1: Se existir conexão da rede neural, o brincar fica afetado com a infusão do antagonista do adrenoreceptor α_2		solução salina e outro grupo com RX821002 ou veículo. No dia 36 pós-natal, recebem RX821002 ou solução salina, conforme o que lhes foi injetado no dia anterior. No dia 37 pós-natal é analisado a atividade locomotora e comportamento de brincar: frequência de <i>pinning</i> , <i>pouncing</i> e tempo de exploração do parceiro.	ocorreu alteração na exploração social. <u>Amígdala basolateral</u> O metilfenidato reduziu <i>pinning</i> , <i>pouncing</i> e aumentou a exploração social.	comportamentais e cognitivos do brincar social.
Argue et al. (2017). Activation of Both	Brincar social	160 ratos <i>Sprague-Dawley</i>	3 experiências: 6 grupos em cada	Identificar diferenças na morfologia neuronal na amígdala	Ativação dos recetores endocanabinóides CB1 e CB2 e	Dividido em 3 experiências: - <u>Experiência 1</u> : Para medir o efeito agonista ou antagonista do CB1R	<u>Experiência 1</u> : Para determinar o aumento do <i>rough and tumble play</i> as fêmeas foram tratadas com	As diferenças na amígdala medial são moduladas pelo sistema endocanabinóide durante o desenvolvimento. As

CB1 and CB2 Endocannabinoid Receptors Is Critical for Masculinization of the Developing Medial Amygdala and Juvenile Social Play Behavior.			experiên- cia.	medial nas fêmeas e nos machos.	desenvolvi- mento da amígdala medial no brincar social	ou CB2R no brincar. Fêmeas são injetadas com 1 mg/kg ACEA (agonista CB1), 1 mg/kg GP1a (agonista CB2) e solução salina. Os machos com 1 mg/kg AM281 (antagonista CB1), 1 mg/kg AM630 (antagonista CB2) e solução salina. - <u>Experiência 2</u> : Para medir efeitos do co-agonista do CB1 e CB2 no brincar. Machos e fêmeas injetados com 1 mg/kg ACEA, 1 mg/kg de GP1a, 1 mg/kg de WIN55,212-2 (agonista	ACEA ou GP1a. O número de eventos de brincar desses grupos foi comparado com o grupo o grupo de solução salina. A administração de ACEA e GP1a não teve efeito na locomoção ou tempo passado no centro. O antagonismo CB2R aumentou o número de pins. <u>Experiência 2</u> : O tratamento com WIN55,212-2 aumentou <i>pinning</i> nas fêmeas. O tratamento com ACEA+ GP1a aumenta <i>pouncing</i> e <i>pinning</i> .	diferenças no comportamento lúdico consoante o sexo estão correlacionadas com diferenças na morfologia neuronal. Recetores CB1 e CB2 são essenciais para a masculinização do <i>rough and tumble play</i> juvenil. A administração de agonistas de CBR1 e CBR2 nas fêmeas, durante o período sensitivo aumenta o brincar e iguala ao nível dos machos, nos machos o mesmo tratamento não provocou alterações.
--	--	--	-------------------	---------------------------------------	--	---	---	--

					<p>endocanabinóide) e solução salina.</p> <p>- <u>Experiência 3:</u> Para medir efeitos do co-antagonismo CB1 e CB2 no brincar. Machos e fêmeas são injetados com 1 mg/kg AM281, 1 mg/kg AM630 e solução salina.</p> <p><u>Comportamento da experiência 1 e 2:</u></p> <p><i>Open field</i>- através de vídeo e <i>score</i> da locomoção e tempo de permanência na zona central (ansiedade).</p> <p><u>Comportamento da experiência 3:</u></p>		<p>A administração de antagonista CB1 e CB2 diminuiu o brincar nos machos, igualando ao brincar nas fêmeas. O tratamento com WIN55,212-2 induz o aumento da frequência de brincar nas fêmeas.</p>
--	--	--	--	--	---	--	---

						<p>Em <i>open field</i>. Grupos do mesmo sexo.</p> <p><u>Reconstrução neuronal 3D:</u></p> <p>PN4 anestesiados e cérebro removido. Cortado em secção coronal.</p> <p>Para a reconstrução dos neurónios PN26. Cortados e incubados por 12 dias na solução de <i>golgi</i>, 48h pós-morte mudada para outra solução.</p>		
Hehar et al (2016). Effects of Metabolic Progra-	Brincar social	80 ratos <i>Sprague-Dawley</i> juvenis- 16 ratos para	5 grupos, com 16 ratos para cada	Investigar o brincar de ratos jovens através:	Estruturas- córtex pré-frontal e expressão de genes	O brincar é analisado, no dia 37 pós-natal das crias- período de alto nível de brincar juvenil.	<u>Comportamentais:</u> Ataques- o grupo com dieta rica em gordura exibe mais ataques nos 10 min de sessão;	Os ratos do grupo da dieta rica em gordura apresentam um aumento na quantidade de brincar. Enquanto os ratos do

mming on Juvenile Play Behavior and Gene Expression in the Prefrontal Cortex of Rats.		cada condição da experiên- cia (controle, grupo com restrição calórica, com dieta rica em gordura, exercício e grupo de exercício+ dieta calórica)	condição do grupo.	-restrição calórica - dieta rica em gordura - exercício - dieta rica em gordura + exercício -condição controle		<u>Análise comportamental:</u> O brincar é avaliado através de vídeo de 10 min- analisado o nº de ataques, rotações completas, parciais e horizontais. <u>Análise molecular</u> No dia 40 pós-natal os ratos são anestesiados, o cérebro removido e isolado o córtex pré- frontal. A quantidade e qualidade de RNA é medida e são analisados os genes Drd2 (implícitos no sistema de recompensa), OPA1,	Rotação- os grupos com restrição calórica, exercício e exercício+ dieta rica em gordura realizaram menos rotações; Evitamento- todos os grupos exceto o controle exibiram menos interação para brincar Rotação horizontal- os grupos com restrição calórica e exercício+ dieta rica em gordura realizaram esta rotação com mais frequência do que o controle. <u>Expressão dos genes</u> - Os níveis de Drd2 diminuem nos animais	grupo exercício e exercício+ dieta rica em gordura exibem menor níveis de brincar relativamente ao grupo controle. Os ratos do grupo de restrição calórica evitam iniciar brincadeiras e têm reduzidas respostas rotacionais. Grupos de restrição calórica e de exercício+ dieta rica em gordura apresentam diminuição da expressão OXYR, tendo menos oxitocina e consequentemente menos envolvimento no brincar social.
--	--	--	-----------------------	---	--	--	--	---

						<p>IGF1 e OXYR (oxitocina).</p>	<p>com restrição calórica e nas fêmeas do grupo de exercício+ dieta rica em gordura;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Altos níveis de IGF1 nos machos do grupo de exercício e exercício+ dieta calórica; - Redução da expressão do Opa1 no grupo com restrição calórica; - Redução da expressão do OxyR no grupo com restrição calórica em ambos os sexos. Mas aumentou a expressão deste gene nos machos do grupo de dieta calórica e diminuiu nas fêmeas do 	<p>O grupo de exercício exibe diminuição dos níveis de brincar e aumento do evitamento para iniciar a brincadeira. Esta diminuição pode estar associada com a ativação de recompensa com a corrida e exercício, diminuindo a necessidade de brincar.</p> <p>Concluindo, a programação metabólica influencia o desenvolvimento de circuitos neurais envolvidos na recompensa e motivação.</p>
--	--	--	--	--	--	---------------------------------	--	--

							grupo de exercício+ dieta calórica.	
Kerkhof et al. (2014). Cellular activation in limbic brain systems during social play behaviour in rats	Brincar social	18 ratos <i>Wistar</i> machos, com 21 dias de idade, em grupos de 4	Grupo de brincar e não brincar- rato isolado.	Exploração das estruturas neurais envolvidas no brincar social, através da expressão c-fos (marcador de atividade neural) no córtex pré-frontal, estriado, amígdala,	Estruturas neurais	Antes do teste isolaram os ratos durante 24h. No dia do teste os ratos foram divididos por caixas- grupo de brincar (n=10, em pares) e grupo não brincar (sozinhos, n=8) durante 15 min. Após o teste foram colocados em caixas separadas novamente, durante 30 min (pico de expressão do c-fos). Após 45 min da sessão o cérebro é removido e analisado.	Apenas 9 ratos foram analisados. Os ratos mostraram $33,56 \pm 2,32$ <i>pinning</i> /15 min; $52,67 \pm 5,21$ <i>pouncing</i> /15 min e $41,29 \pm 5,33$ s a explorar o parceiro. <u>Córtex pré-frontal:</u> O brincar aumentou FpCD no córtex orbitofrontal medial e ventrolateral, no cíngulo anterior, no córtex pré-límbico dorsal e ventral. <u>Estriado:</u>	O brincar social induziu atividade celular em diversas estruturas neurais, consistente com a natureza complexa deste comportamento. O estriado dorsolateral recebe informação sensório-motora e de facto foi um dos locais que FpCD aumentou. Concluiu-se que no brincar estão envolvidos sistemas corticoestriados, a amígdala e monoaminérgicos.

				tálamo e pálido.		<p><u>Comportamental:</u> Através de vídeo analisaram a frequência do <i>pinning</i>, <i>pouncing</i> e tempo de exploração social (<i>sniffing</i> ou <i>grooming</i>).</p> <p><u>Ativação celular:</u> Através da análise de densidade das células positivas c-fos (FpCD).</p>	<p>Aumento de FpCD no estriado dorsal.</p> <p><u>Amígdala:</u> FpCD aumenta na amígdala anterior lateral e no núcleo da estria terminal.</p> <p><u>Tálamo e hipotálamo:</u> FpCD maior no núcleo intralaminar, núcleo médiodorsal e núcleo paraventricular.</p>	
--	--	--	--	---------------------	--	--	---	--

Tabela 2. Síntese dos artigos incluídos na revisão *Scoping*.

5- DISCUSSÃO

Os estudos selecionados investigaram o brincar social, sendo que apenas um estudo investigou o brincar simbólico. A maioria dos estudos ocorreram em animais, mais precisamente em ratos, e apenas o estudo que investigou o brincar simbólico teve como população humanos.

Dos seis artigos incluídos na revisão *Scoping*, um estudo para além de analisar as expressões faciais das crianças durante o brincar, utiliza *fNRIS* para estudar as bases neurais ativadas durante o brincar simbólico. Os restantes estudos analisam o brincar a nível comportamental.

Relativamente à duração dos estudos:

Zhao et al. (2020) iniciaram a investigação ao dia 31-32 pós-natal dos ratos e analisaram o brincar durante 5 dias consecutivos (35-36 dias pós-natal), correspondente às 2 semanas após a injeção do AAV. O *rough and tumble play* dos ratos foi analisado por Argue et al. (2017) no dia 26 e 27 pós-natal. Achterberg et al. (2018), para avaliar a conectividade entre regiões cerebrais através do efeito do metilfenidato, iniciaram a investigação desde o dia 32 pós-natal dos ratos até ao dia 37.

No estudo de Hehar et al. (2016), a investigação sobre a expressão de genes no córtex pré-frontal sob o efeito da programação metabólica decorreu entre a terceira semana após acasalamento e 40 dias pós-natal das crias, tendo sido analisado o comportamento de brincar no dia 37 pós-natal. Kerkhof et al. (2014) analisaram o brincar social nos ratos com 21 dias.

Hashmi et al. (2020) investigaram quais são as regiões cerebrais ativadas no brincar simbólico nas crianças entre os 4 e 8 anos durante aproximadamente 1 hora.

Relativamente às bases neurais, os estudos selecionados abordaram estruturas e circuitos neurais. Zhao et al. (2020), através do *knockdown* do *Oprm1* na área pré-ótica medial do hipotálamo identificaram uma redução da frequência de *pouncing*, com a qual

é possível inferir que o hipotálamo e os recetores opióides têm um papel importante no brincar social.

Na investigação de Achterberg et al. (2018), a infusão RX821002 no cíngulo anterior aumentou o comportamento de brincar social, o que sugere que esta região cerebral é importante na modulação noradrenérgica do brincar social. Este antagonista do recetor $\alpha 2$ adrenérgico não influenciou o efeito supressor do metilfenidato no córtex límbico. Com este artigo é possível sinalizar a rede neural implicada no brincar social-córtex infralímbico, amígdala basolateral, habénula e cíngulo anterior.

Argue et al. (2017) analisou *rough and tumble play* em fêmeas e machos e apesar das diferenças entre ambos, os investigadores concluíram que os recetores CB1 e CB2 e a amígdala medial têm um papel ativo neste tipo de brincar.

Para além das regiões cerebrais já sinalizadas no brincar social, Hehar et al. (2016) identificou que o metabolismo influencia o desenvolvimento dos circuitos neurais do brincar social. No estudo realizado, o grupo com restrição calórica evitou iniciar brincadeiras e apresentou reduzidas respostas rotacionais. O mesmo grupo e o grupo do exercício+ dieta rica em gordura, apresentaram diminuição da expressão OXYR, o que levou a uma diminuição de oxitocina e consequentemente menos envolvimento no brincar social. Conclui-se que a dieta altera o circuito de recompensa do brincar, visível nas alterações nos recetores D1, D2 e D3 e núcleo accumbens.

Kerkhof et al. (2014) observou a atividade celular em diversas estruturas neurais, consistente com a natureza complexa do brincar social. Enalteceu a atividade no estriado dorsolateral, que recebe informação sensório-motora, onde a densidade das células positivas c-fos (FpCD) aumentou durante o brincar social. Ainda verificou atividade neural na amígdala lateral e no núcleo da estria terminal (BNST), no núcleo paracentral do tálamo, no núcleo talâmico intermediodorsal e no núcleo lateral paraventricular talâmico, no hipotálamo e no córtex pré-frontal, mais precisamente no cíngulo anterior, córtex pré-límbico e orbitofrontal. Posto isto, a expressão c-fos foi visível nas regiões cerebrais responsáveis pelo processamento de informação motora e sensorial.

Em suma, dos estudos sobre brincar social em ratos destaca-se a ativação do hipotálamo, amígdala, cíngulo anterior, gânglios da base (estriado dorsolateral), córtex pré-frontal e orbitofrontal.

Hashmi et al. (2020) identificaram a ativação do sulco temporal superior posterior, quando a criança brinca com pares. Essa região cerebral é mais ativada quando a criança brinca sozinha com bonecos e menos ativada quando brinca com *tablet*. A razão de ser ativada com bonecos é compreendida com a função desta região cerebral no processamento social e empatia. O córtex pré-frontal direito é mais ativado durante o brincar com pares. Não há diferenças na ativação do córtex pré-frontal no brincar com bonecos e com *tablet*, o que sugere que a criança não recruta diferentes funções executivas com os diferentes brinquedos. Em termos do processamento de recompensas, não há diferença de ativação no orbitofrontal no brincar em grupo e sozinho, mas há uma menor ativação nos rapazes durante o brincar sozinho.

À luz do estudo animal (Kerkhof et al., 2014) que defende a ativação do córtex pré-frontal e orbitofrontal durante o *playful*, Hashmi et al. (2020) mostra que durante o brincar simbólico em humanos são ativados precisamente essas regiões cerebrais.

Há reduzidos estudos de investigação para medir a ativação cerebral durante o brincar em humanos, devido às limitações metodológicas para avaliar a atividade elétrica ou o fluxo sanguíneo, num ambiente natural e brincar livre.

Limitações

As limitações no estudo estão associadas à dificuldade em monitorizar a nível neural o brincar livre da criança. O objetivo inicial da revisão foi mapear a evidência científica sobre o brincar livre das crianças, contudo ao colocar as palavras-chave foi possível verificar que apenas existem estudos sobre o brincar com vídeos jogos. Além do mais, esta investigação foi realizada de uma forma exploratória e descritiva e mesmo com algumas limitações metodológicas, é a primeira revisão que agrupa estudos realizados em mamíferos, incluindo humanos.

6- CONCLUSÃO

A revisão *Scoping* pretendeu mapear a literatura referente às bases neurais do brincar nos mamíferos e extrapolar para os humanos. A maioria dos estudos analisados avaliaram as bases neurais do brincar social, mais precisamente *rough and tumble play*. Apenas um estudo abordou o brincar simbólico em humanos. Nas investigações realizadas o brincar foi avaliado através da análise do comportamento e da componente neural, com técnica de imagem *fNRIS* e análise molecular. No geral, o brincar foi avaliado em crias e apenas num estudo em crianças, todavia no estudo sobre a influência metabólica no brincar a investigação iniciou ainda durante a gestação dos ratos.

Desta forma, os resultados encontrados apontam que durante o brincar ocorre ativação dos gânglios da base, do córtex pré-frontal e orbitofrontal, do sulco temporal superior posterior e de estruturas cerebrais do sistema límbico (hipotálamo, amígdala, cíngulo, tálamo e habénula). Sinaliza-se também a atividade química de opióides, endocanabinóides, dopamina, oxitocina e noradrenalina.

Concluiu-se que o brincar é um termo difícil de definir e engloba componentes motivacionais, cognitivos, sociais e sensório-motores. Com os estudos analisados é possível verificar que o brincar depende de três circuitos neurais: da motivação (estruturas límbicas), da motricidade (estruturas somatossensoriais) e de funcionamento executivo (córtex frontal).

Os objetivos deste estudo foram cumpridos e as averiguações realizadas. Sendo possível concluir que continua a existir lacunas sobre a neurociência do brincar nas crianças. Com base no modelo animal, podemos inferir e perceber as mudanças epigenéticas, celulares (conetividade neuronal) e comportamentais (sócio-emocionais e motores) que o brincar provoca, as quais promovem o desenvolvimento motor, cognitivo e emocional, assim como promove o comportamento adaptativo.

Para futuras investigações era interessante restringir a população aos humanos. Seria também importante realizar uma comparação entre as investigações realizadas no brincar com videojogos e brincar sem videojogos. De modo a explorar e identificar a importância do brincar no desenvolvimento cerebral da criança e sensibilizar a comunidade para a temática. Por ser uma revisão *Scoping* foram incluídos diferentes tipo

de estudos e não foi realizada a análise de qualidade dos artigos, contudo seria importante explorar esta temática e identificar na literatura mais estudos transversais e caso-controle sobre a neurociência do brincar.

7- BIBLIOGRAFIA

- Achterberg, E. J. M., Damsteegt, R., & Vanderschuren, L. J. M. J. (2018). On the central noradrenergic mechanism underlying the social play-suppressant effect of methylphenidate in rats. *Behavioural Brain Research*, 347, 158–166. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2018.03.004>
- Argue, K. J., VanRyzin, J. W., Falvo, D. J., Whitaker, A. R., Yu, S. J., & McCarthy, M. M. (2017). Activation of Both CB1 and CB2 Endocannabinoid Receptors Is Critical for Masculinization of the Developing Medial Amygdala and Juvenile Social Play Behavior. *ENeuro*, 4(1). <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0344-16.2017>
- Bergen, D., & Woodin, M. (2010). Neuropsychological development of newborns, infants and toddlers. In *Handbook of pediatric neuropsychology* (pp. 13–30). Springer.
- Cordoni, G., & Palagi, E. (2011). Ontogenetic trajectories of chimpanzee social play: Similarities with humans. *PLoS ONE*, 6(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0027344>
- Coude, G., Festante, F., Cilla, A., Lolacono, V., Bimbi, M., Fogassi, L., & Francesco, P. (2016). Mirror neurons of ventral premotor cortex are modulated by social cues provided by others' gaze. *Journal of Neuroscience*, 36.
- Ellis, M., Wade, M., & Boher, R. (1973). Biorhythms in the activity of children during free play. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 20, 155–162.
- Ferland, F. (2005). *The Ludic Model: Play, children with Pshysical disabilities and Occupational Therapy*.
- Hashmi, S., Vanderwert, R. E., Price, H. A., & Gerson, S. A. (2020). Exploring the Benefits of Doll Play Through Neuroscience. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14, 560176. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.560176>

- Hehar, H., Ma, I., & Mychasiuk, R. (2016). Effects of Metabolic Programming on Juvenile Play Behavior and Gene Expression in the Prefrontal Cortex of Rats. *Developmental Neuroscience*, 38(2), 96–104. <https://doi.org/10.1159/000444015>
- Johnson, J., Christie, J., & Wardle, F. (2005). *Play, Development and Early Education* (Pearson).
- Kerkhof, L. W. M., Trezza, V., Mulder, T., Gao, P., Voorn, P., & Vanderschuren, L. J. M. J. (2014). Cellular activation in limbic brain systems during social play behaviour in rats. *Brain Structure & Function*, 219(4), 1181–1211. <https://doi.org/10.1007/s00429-013-0558-y>
- Koziol, F., Budding, E., & Chidekel, D. (2012). From movement to thought: Executive function, embodied cognition and the cerebellum. *Cerebellum*, 11, 505–525.
- Kuehl, H. S., Elzner, C., Moebius, Y., Boesch, C., & Walsh, P. D. (2008). The price of play: Self-organized infant mortality cycles in chimpanzees. *PLoS ONE*, 3(6), 1–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0002440>
- Manduca, A., Servadio, M., Damsteegt, R., Campolongo, P., Vanderschuren, L. J. M. J., & Trezza, V. (2016). Dopaminergic neurotransmission in the nucleus accumbens modulates social play behavior in rats. *Neuropsychopharmacology*, 41(9), 2215–2223. <https://doi.org/10.1038/npp.2016.22>
- Neale, D., Clackson, K., Georgieva, S., Dedetas, H., Scarpate, M., Wass, S., & Leong, V. (2018). Toward a neuroscientific understanding of play: A dimensional coding framework for analyzing infant-adult play patterns. *Frontiers in Psychology*, 9(MAR), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00273>
- O'Connell, L. A., & Hofmann, H. A. (2011). The Vertebrate mesolimbic reward system and social behavior network: A comparative synthesis. *Journal of Comparative Neurology*, 519(18), 3599–3639. <https://doi.org/10.1002/cne.22735>
- Palagi, E., Burghardt, G. M., Smuts, B., Cordoni, G., Dall'Olio, S., Fouts, H. N., Řeháková-Petrů, M., Siviý, S. M., & Pellis, S. M. (2016). Rough-and-tumble play as a window on animal communication. *Biological Reviews*, 91(2), 311–327. <https://doi.org/10.1111/brv.12172>
- Parham, L., & Fazio, L. (1997). *Play in Occupational Therapy for Children* (Mosby

Else).

- Potas, C., Jose, M., Varela, V. D. E., Carvalho, L. C. D. E., Fernandes, L., & Prado, D. O. (2014). Effect of play activities on hospitalized children ' s stress : a randomized clinical trial. *Scandinavian Journal of Occupational Therapy*, July 2012, 71–79. <https://doi.org/10.3109/11038128.2012.729087>
- Reilly, M. (1974). *Play as exploratory learning*. Sage Publications Inc.
- Shore, R. (1997). *Rethinking the Brain: New insights into early development* (Families a).
- Smith, P., & Roopnarine, J. (2019). *The Cambridge handbook of play: developmental and disciplinary perspectives*. Cambridge University Press.
- Sutton-Smith, B. (1997). *The Ambiguity of Play* (Harvard Un).
- Takata, N. (1974). Play as a prescription. In *Play as exploratory learning* (pp. 209–246).
- Trezza, V., Damsteegt, R., Manduca, A., Petrosino, S., van Kerkhof, L. W. M., Jeroen Pasterkamp, R., Zhou, Y., Campolongo, P., Cuomo, V., Di Marzo, V., & Vanderschuren, L. J. M. J. (2012). Endocannabinoids in amygdala and nucleus accumbens mediate social play reward in adolescent rats. *Journal of Neuroscience*, 32(43), 14899–14908. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0114-12.2012>
- Van Kerkhof, L. W., Damsteegt, R., Trezza, V., Voorn, P., & Vanderschuren, L. J. (2013). Social play behavior in adolescent rats is mediated by functional activity in medial prefrontal cortex and striatum. *Neuropsychopharmacology*, 38(10), 1899–1909. <https://doi.org/10.1038/npp.2013.83>
- VanRyzin, J. W., Marquardt, A. E., & McCarthy, M. M. (2020). Developmental origins of sex differences in the neural circuitry of play. *International Journal of Play*, 9(1), 58–75. <https://doi.org/10.1080/21594937.2020.1723370>
- Veiga, G., Neto, C., & Rieffe, C. (2016). Preschoolers' free play - Connections with emotional and social functioning. *International Journal of Emotional Education*, 8(1), 48–62.
- Weisberg, D. S. (2015). Pretend play. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive*

Science, 6(3), 249–261. <https://doi.org/10.1002/wcs.1341>

Yogman, M., Garner, A., Hutchinson, J., Hirsh-Pasek, K., Golinkoff, R. M., Baum, R., Gambon, T., Lavin, A., Mattson, G., & Wissow, L. (2018). The power of play: A pediatric role in enhancing development in young children. *Pediatrics*, 142(3). <https://doi.org/10.1542/peds.2018-2058>

Zhao, C., Chang, L., Auger, A. P., Gammie, S. C., & Ritters, L. V. (2020). Mu opioid receptors in the medial preoptic area govern social play behavior in adolescent male rats. *Genes, Brain, and Behavior*, 19(7), e12662. <https://doi.org/10.1111/gbb.12662>

Zosh, J. M., Hirsh-Pasek, K., Hopkins, E. J., Jensen, H., Liu, C., Neale, D., Solis, S. L., & Whitebread, D. (2018). Accessing the inaccessible: Redefining play as a spectrum. *Frontiers in Psychology*, 9(AUG), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01124>

ANEXO I

Tabela de pesquisa nas bases de dados

PUBMED (03.05.21)			
População	Conceito	Contexto	Limitador
Mamíferos	Neuroscience* Behavioral neuroscience Neural circuit* 50,518 results	Social Play Free play Pretend Play Play material Animal play behavior 14,324 results	Data: 2010-2021
Contexto+ Conceito (((neural circuit*[Title/Abstract])) OR (Neuroscience*[Title/Abstract])) OR (Behavioral neuroscience[Title/Abstract])) AND (((((Social Play[Title/Abstract]) OR (Free play[Title/Abstract])) OR (Pretend Play[Title/Abstract])) OR (Play material[Title/Abstract])) OR (Animal play behavior[Title/Abstract])) 48 resultados Com limitador (data): 38 resultados			

EBSCO- CINAHL (26.03.21)			
População	Conceito	Contexto	Limitador
Mamíferos	Neuroscience* Behavioral neuroscience Neural circuit* 3,636	Social Play Free play Pretend Play Play material Animal play behavior 3,254	Data: 2010-2021
Contexto+ Conceito			

(TI Neuroscience* OR AB Neuroscience* OR TI Behavioral neuroscience OR AB Behavioral neuroscience OR TI Neural circuit* OR AB Neural Circuit*) AND (TI Social Play OR AB Social Play OR TI Free play OR AB Free play OR TI Pretend Play OR AB Pretend Play OR TI Play material OR AB Play material OR TI Animal play behavior OR AB Animal play behavior)

4 resultados → com limitador: 3 resultados

[http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=rzh&bquery=\(\(TI+Neuroscience*\)+OR+\(AB+behavioral+neuroscience\)+OR+\(TI+neural+circuit*\)+OR+\(AB+neural+circuit*\)\)+AND+\(\(TI+Social+Play\)+OR+\(AB+social+play\)+OR+\(TI+free+play\)+OR+\(AB+free+play\)+OR+\(TI+Pretend+Play\)+OR+\(AB+Pretend+Play\)+OR+\(TI+Play+material\)+OR+\(AB+Play+material\)+OR+\(TI+Animal+play+behavior\)+OR+\(AB+Animal+play+behavior\)\)&cli0=DT1&clv0=201501-202112&lang=pt-pt&type=1&searchMode=Standard&site=ehost-live](http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=rzh&bquery=((TI+Neuroscience*)+OR+(AB+behavioral+neuroscience)+OR+(TI+neural+circuit*)+OR+(AB+neural+circuit*))+AND+((TI+Social+Play)+OR+(AB+social+play)+OR+(TI+free+play)+OR+(AB+free+play)+OR+(TI+Pretend+Play)+OR+(AB+Pretend+Play)+OR+(TI+Play+material)+OR+(AB+Play+material)+OR+(TI+Animal+play+behavior)+OR+(AB+Animal+play+behavior))&cli0=DT1&clv0=201501-202112&lang=pt-pt&type=1&searchMode=Standard&site=ehost-live)

MEDLINE (03.05.21)			
População	Conceito	Contexto	Limitador
Mamíferos	44,644	10,615	Data: 2010-2021
<p>Contexto+ Conceito</p> <p>(AB Neuroscience* OR TI Neuroscience* OR AB Behavioral neuroscience OR TI Behavioral neuroscience OR TI Neural Circuit* OR AB Neural Circuit*) AND (AB social play OR TI social play OR AB pretend play OR TI pretend play OR AB play material OR TI play material OR AB free play OR TI free play OR AB Animal play behavior OR TI Animal play behavior)</p>			

85 resultados → com limitador data → 77 resultados

[http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mnh&bquery=\(\(TI+neuroscience*\)+OR+\(AB+neuroscience*\)+OR+\(TI+Behavioral+neuroscience\)+OR+\(AB+Behavioral+neuroscience\)+OR+\(TI+Neural+Circuit*\)+OR+\(AB+Neural+Circuit*\)\)AND+\(\(TI+social+play\)+OR+\(AB+social+play\)+OR+\(TI+pretend+play\)+OR+\(AB+pretend+play\)+OR+\(TI+play+material\)+OR+\(AB+play+material\)+OR+\(TI+free+play\)+OR+\(AB+free+play\)+OR+\(TI+Animal+play+behavior\)+OR+\(AB+Animal+play+behavior\)\)&cli0=DT1&clv0=201001-202112&lang=pt-pt&type=1&searchMode=Standard&site=ehost-live](http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mnh&bquery=((TI+neuroscience*)+OR+(AB+neuroscience*)+OR+(TI+Behavioral+neuroscience)+OR+(AB+Behavioral+neuroscience)+OR+(TI+Neural+Circuit*)+OR+(AB+Neural+Circuit*))AND+((TI+social+play)+OR+(AB+social+play)+OR+(TI+pretend+play)+OR+(AB+pretend+play)+OR+(TI+play+material)+OR+(AB+play+material)+OR+(TI+free+play)+OR+(AB+free+play)+OR+(TI+Animal+play+behavior)+OR+(AB+Animal+play+behavior))&cli0=DT1&clv0=201001-202112&lang=pt-pt&type=1&searchMode=Standard&site=ehost-live)

Total Rayyan: 118

Eliminados os duplicados no Rayyan (25 duplicados): 93 resultados

ANEXO II

Caracterização dos estudos com base na adaptação de *Newcastle - Ottawa Quality Assessment Scale* (NOS)

Artigo	Seleção				Comparabilidade	Resultado		Total
Autor, ano	Representatividade da amostra	Tamanho da amostra	Excluídos	Verificar a exposição (fator de risco)	Comparabilidade dos grupos com base no desenho ou análise	Avaliação dos resultados	Teste estatístico	
Hashmi et al. (2020)	★	★	A amostra tem resumo das características dos excluídos ★	Apenas com dados parentais	Dados ajustados de acordo com os fatores ★ ★	Avaliação cega independente, usando métodos laboratoriais validados ★ ★		7 pontos- Bom estudo
Hehar et al (2015)	★	★	_____	_____	★ ★	★ ★		6 pontos

Tabela 1. Avaliação de qualidade dos estudos- Estudo Transversal.

Artigo	Seleção				Comparabilidade	Resultados			Total
Autor, ano	Definição do caso adequada?	Representatividade do caso	Seleção do controlo	Definição do controlo	Comparabilidade entre casos e controlo	Verificação da exposição	Método igual para os casos	Taxa de não resposta	
Kerkhof et al. (2014)	★	Não	Sem descrição	Sem descrição	★	★	★	—	4 pontos

Tabela 2. Avaliação de qualidade dos estudos- Caso-Controlo.