

14º Congresso Brasileiro de Design: Neurociência aplicada ao Design: uma pesquisa por métodos experimentais para o design arquitetônico

14th Brazilian Congress on Design Research: Neuroscience applied to Design: a research by experimental methods for architectural design

OLIVEIRA, Beatriz¹; Mestranda; Universidade Federal do Rio de Janeiro

beatrizz@ufrj.br

KOSMINSKY, Doris; Doutora; Universidade Federal do Rio de Janeiro

doriskos@eba.ufrj.br

PIRES, Julie; Doutora; Universidade Federal do Rio de Janeiro

julie.pires@eba.ufrj.br

MOURTHÉ, Cláudia; Doutora; Universidade Federal do Rio de Janeiro

claudiamourthe@eba.ufrj.br

O estudo de como o ambiente construído impacta a vida das pessoas é importante para a perspectiva do design arquitetônico, pois pesquisas apontam que ambientes podem nos estimular de formas variadas. Este trabalho observou o campo em crescimento, pesquisadores trabalhando entre departamentos diferentes e a área de pesquisa mais influente sendo a psicologia, seguida da neurociência. Foi desenvolvida uma revisão sistematizada na *Web Of Science*, com pesquisas que abordaram neurociência aplicada a espaços construídos e métodos que poderiam ser replicados ou adaptados. Foram selecionados artigos com participantes, revisões, bibliografia com autores-base e palavras-chave correlacionadas. As conclusões encontradas apoiam o pensamento de que pesquisas com neurociência aplicada devem ser feitas em parceria com pesquisadores deste campo e outros.

Palavras-chave: Design de Ambientes; Arquitetura; Neurociência.

The study of how built environment impacts people's lives is important from an architectural design perspective, since researches in the area have shown that environments stimulate us in many ways. In this paper, this growing field was observed, such as researchers working across different departments and the most influential research areas - psychology and neuroscience. A systematic review has been developed in Web Of Science, with studies in neuroscience applied to built spaces and methods could be replicated or adapted. The selected articles used participants, bibliographic reviews, bibliography with

¹ O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil, por meio de bolsa de mestrado CAPES/DS (Demanda Social).

main authors and correlated keywords. The conclusions support the thought that research with applied neuroscience should be done in partnership with researchers in this field and others.,

Keywords: Interior design; Architecture; Neuroscience.

1 Introdução

Neurociência é o campo que se dedica ao estudo do nosso sistema nervoso e seu funcionamento, apoiado em pesquisas do cérebro, medula espinhal e nervos periféricos, como explica Herculano-houzel (2002). Tais estudos são capazes de compreender alterações nervosas, estresse, transtornos mentais e tantas outras doenças e suas causas biológicas, conforme aponta a mesma autora. O que a neurociência visualiza no cérebro, a psicologia busca explicar por meio de estudos sobre comportamento humano e suas emoções, por isso, vê-se importante compreender as abordagens das pesquisas que tentam descrever qual tipo de relação pode se estabelecer entre ser humano e ambiente construído. Assim como nos estudos que vinculam cérebro e nossas emoções, a neurociência encontrou recentemente outro campo para associar suas pesquisas. Este campo é a sua aplicação no design de ambientes e na arquitetura, na tentativa de compreender como os espaços físicos construídos afetam a mente, o comportamento e a percepção dos humanos.

Aqui, a investigação será entendida como uma necessidade de se estruturar um pensamento que une, agrupa e gera empatia entre participantes, profissionais e pesquisadores. Morin (2011) ao abordar a transdisciplinaridade, afirma que unir pensamentos diversificados é mais do que uma colaboração entre disciplinas, é uma conexão do conhecimento comum entre elas, um modo de pensar organizador que as atravessa, fazendo com que pesquisas nesse sentido se tornem unidades integradoras. Sendo assim, o meta-ponto-de-vista proposto por ele com a junção de especialistas e a contribuição de várias perspectivas é o que nos orientará em direção ao conhecimento, pois “[...] a parte está no todo, como o todo está inscrito na parte.” (MORIN, 2003, p.94).

Nesse trabalho, os artigos foram analisados conforme abordagem, contribuições para pesquisas futuras, cruzamento de referências e aparecimento de autores recorrentes. A seleção não determinou ambientes específicos, mas sim trabalhos desenvolvidos em diferentes tipos de espaços físicos construídos. A intenção foi buscar métodos experimentais que pudessem ser replicados ou adaptados, e para isso, a investigação iniciou-se com pesquisas relacionadas à arquitetura, design de interiores, estética e educação. Os demais argumentos foram baseados igualmente em discussões acerca de artigos selecionados que trataram sobre neuroestética², neuroeducação³ e design baseado em evidências. Eberhard (2009), em suas pesquisas sobre como aplicar neurociência à arquitetura, explica:

Ainda menos compreendido é o papel da arquitetura na formação das experiências humanas. Cientistas sociais e comportamentais exploraram esse terreno nos últimos 50 anos, mas os resultados de seus trabalhos são conhecimentos superficiais. Eles nos permitem observar o fato de que as crianças em salas de aula iluminadas com

²Surgiu como seu próprio campo de estudo no Instituto de Neuroestética em conjunto com a University College London e a University of California, Berkley. (NANDA, et al. 2009, p. 117, tradução da autora).

³É um campo científico interdisciplinar que estuda a interação entre os processos neuronais, psicológicos e a educação com o objetivo de melhorar o processo de ensino e aprendizagem do aluno. (MARTÍNEZ-GONZÁLES et al. 2018, p.24, tradução da autora).

luz natural obtêm notas mais altas nos testes, mas não por que isso acontece. (EBERHARD, 2009, p.753, tradução da autora).

Por exemplo, as pesquisas de Martínez-Gonzáles et al. (2018) apresentam procedimentos que podem melhorar o processo do ensino e da aprendizagem por meio da colaboração de técnicas da neuropsicologia, deixando claro que tais contribuições devem ser feitas de forma transversal em sala de aula (conhecido como neuroeducação ou neurociência educacional). A neuropsicologia destaca a importância de técnicas para melhorar a atenção, memória e função executiva em alunos com mais dificuldade, o que pode ser coligado a estudos que tem como objetivo melhorar a qualidade do espaço físico para os mesmos fins.

Com isso, percebe-se que compreender pessoas e seus espaços é muito mais do que projetar uma experiência estética. Pesquisadores compartilham evidências de que os “estímulos visuais passam por um processo de avaliação estética no cérebro humano por padrão, mesmo quando não solicitados; e que as respostas aos estímulos visuais podem ser imediatas e emocionais.” (NANDA et al., 2009, p.116, tradução da autora). Para dar início às análises, foram selecionados dez artigos na base de dados *Web of Science* – Coleção Principal. Tal base reúne a maioria dos trabalhos com maior número de citações e com mais autores-base sendo usados como parâmetro para as abordagens. Os artigos obedeceram a critérios pré-determinados explicados a seguir.

2 Embasamento teórico

2.1 Metodologias e métodos

As metodologias usadas para este artigo foram a revisão bibliográfica sistemática e o método Teoria do Enfoque Meta-analítico Consolidado (TEMAC) de Mariano e Rocha (2017). Para análise e discussão dos resultados das buscas definidos na tabela 1, foi usado o software *VOSViewer* 1.6.16, que cria mapas das pesquisas feitas na base de dados escolhida, *Web of Science* (*WoS*), que serão demonstrados no item 4. Inicialmente, a pesquisa foi dividida em três fases, conforme Santos (2018) e resumida na tabela 1. Definiu-se que após as análises e descrição das contribuições dos trabalhos, seriam discutidos pontos como: campos mais estudados, interligação das pesquisas, bibliografias, abordagens temáticas e métodos que poderiam ser replicados ou adaptados.

Tabela 1 – Metodologias e métodos

Planejamento	Definição do objetivo, tema, palavras-chave, âmbito da pesquisa, critérios de busca, critérios de exclusão e inclusão, aspectos técnicos, qualidade e validade metodológica, exportação de dados.
Condução	Filtragem das buscas na base de dados <i>Web Of Science</i> : Filtro 1: título, palavras-chave, resumo, recorte temporal e acesso aberto. Filtro 2: introdução, conclusão, metodologia com participantes ou RBS. Filtro 3: Obedecer a: Recorte: 2003-2021 ⁴ / Tipo de documento: artigo (revisão, conferência, meeting) / Metodologia: com participantes ou RBS/ <i>Strings</i> : Neurociência, Design de Interiores, Arquitetura, Neuroestética, Neuroeducação/ Bibliografia: apresentar autores-base da Neurociência
	Agrupamento temático dos artigos para desenvolvimento de análise crítica: 1. Neurociência + Design de Interiores

⁴O recorte levou em consideração a criação da *Academy of Neuroscience for Architecture* (ANFA), na cidade de São Diego, Califórnia, no ano de 2003.

Relatório	2. Neurociência para Arquitetura + Design de Interiores 3. Neuroestética + Arquitetura 4. Neuroeducação + Arquitetura Com o software <i>VOSViewer</i> serão feitos mapas para analisar os artigos dentro do parâmetro: Autores (recorrentes, com <i>coupling</i> e <i>cocitation</i>)
	Por meio da análise de dados oferecida pela própria base <i>WoS</i> , serão analisados: 1. Tipo de documento 2. Área de pesquisa 3. Universidades que mais publicaram 4. Autores que mais publicaram

Fonte 1 - A autora, 2021.

A busca foi feita pela primeira palavra-chave em ‘todos os campos’ seguido de ‘e’ para a segunda palavra-chave. Não foi usado o ‘ou’ neste caso, pois esse trabalho não comprehende uma coisa ou outra, mas sim, assuntos interligados. Não foi satisfatório reunir mais de um grupo de palavras-chave, pois os resultados foram inexistentes. Apenas para comparação quantitativa, fez-se uma busca com as mesmas palavras na base *Scopus*. Foram excluídas as pesquisas que não relacionaram seus usuários com o espaço construído e trabalhos sem acesso aberto. As buscas foram feitas no mês de novembro de 2021 e todas em inglês.

Tabela 2 - Termos da pesquisa e quantidade de artigos nas bases de dados WoS e Scopus

Palavra-chave	Base	Qtd. 01/2003 até 10/2021	Base	Qtd. 01/2003 até 10/2021
<i>Neuroscience AND Interior Design</i>	<i>WoS</i>	41	<i>Scopus</i>	13
<i>Neuroscience for Architecture AND Interior Design</i> ⁵	<i>WoS</i>	13	<i>Scopus</i>	7
<i>Neuroaesthetics AND Architecture</i> ⁶	<i>WoS</i>	15	<i>Scopus</i>	17
<i>Neuroeducation AND Architecture</i>	<i>WoS</i>	2	<i>Scopus</i>	2 ⁷

Fonte 2 - A autora, 2021.

As buscas contabilizadas para os filtros 1 e 2 podem ser vistas nas tabelas 3 e 4 a seguir:

Tabela 3 – Escolhas para FILTRO 1

⁵A busca por *Neuroscience AND Architecture* computou 5014 artigos na *WoS* e 2081 na *Scopus*. Por esse motivo definiu-se interligar ‘Neurociência para Arquitetura’ E Design de Interiores, para que fossem excluídas as pesquisas que tratavam de construção arquitetônica estrutural, o que não é o foco dessa coletânea.

⁶Não foram encontrados resultados com os grupos de strings: *Neuroaesthetics AND Interior design* e *Neuroeducation AND Interior design* em nenhuma das duas bases, por isso o uso apenas do termo ‘Architecture’ nestas buscas.

⁷Os mesmos dois artigos encontrados nas duas bases.

Palavra-chave	Base	Apenas com acesso aberto	Com o recorte do filtro 2
<i>Neuroscience AND Interior Design</i>	WoS	21	5
<i>Neuroscience for Architecture AND Interior Design</i>	WoS	3	3 ⁸
<i>Neuroaesthetics AND Architecture</i>	WoS	4	4
<i>Neuroeducation AND Architecture</i>	WoS	2	1

Fonte 3 - A autora, 2021.

Apesar da escolha das palavras-chave terem sido direcionadas para uma busca que pudesse mostrar o design de interiores coligado à arquitetura, neuroestética, neuroeducação e comportamento humano nos espaços, a maioria dos trabalhos trouxe pesquisas sobre cérebro e seus circuitos, avaliação comportamental em macacos, camundongos, peixes, realidade virtual e controle de epidemias. Sobre as medições, alguns usaram eletroencefalografia (EEG) e ressonância magnética (RM) e os demais fizeram estudos por meio de análises comportamentais e outros métodos. Com isso, os artigos selecionados no filtro 1 continuaram no filtro 2 - já contabilizando o limite dos dez trabalhos propostos.

Sugere-se que em pesquisas futuras sejam usadas palavras-chave que correlacionem design de interiores à ambiente construído, enriquecimento ambiental e psicologia ambiental, pois notou-se um direcionamento nestas categorias. Apesar de nem todos descreverem exatamente as *strings* selecionadas para esse recorte, os artigos escolhidos tratavam de espaços construídos (ou virtualmente programados) e da relação do ser humano frente às adversidades propostas.

Tabela 4 - Escolhas para FILTRO 2

Palavra-chave	Base	Com o recorte do filtro 2
<i>Neuroscience AND Interior Design</i>	WoS	5
<i>Neuroscience for Architecture AND Interior Design</i>	WoS	(Já constam no item 1)
<i>Neuroaesthetics AND Architecture</i>	WoS	4
<i>Neuroeducation AND Architecture</i>	WoS	1

Fonte 4 - A autora, 2021.

⁸ Os artigos A/ C/ D (tabela 5) apareceram na mesma busca das palavras-chave do Filtro 1 no Grupo 1, por isso não foram contabilizados na tabela.

Tabela 5 - Seleção de artigos finais: FILTRO 3

Título original	Tradução (pela autora)
Grupo 1 de palavras-chave	
A. <i>Impact of built environment design on emotion measured via neurophysiological correlates and subjective indicators: A systematic review</i>	Impacto do design do ambiente construído na emoção medido por meio de correlatos neurofisiológicos e indicadores subjetivos: Uma revisão sistemática
B. <i>Real vs. immersive-virtual emotional experience: Analysis of psycho-physiological patterns in a free exploration of an art museum</i>	Experiência emocional real versus virtual imersiva: Análise de padrões psicofisiológicos em uma exploração livre em um museu de arte
C. <i>Walking through Architectural Spaces: The Impact of Interior Forms on Human Brain Dynamics</i>	Caminhando pelos espaços arquitetônicos: O impacto das formas interiores na dinâmica do cérebro humano
D. <i>Neurophysiological correlates of embodiment and motivational factors during the perception of virtual architectural environments</i>	Correlatos neurofisiológicos de incorporação e fatores motivacionais durante a percepção de ambientes arquitetônicos virtuais
E. <i>EEG Alpha Power Is Modulated by Attentional Changes during Cognitive Tasks and Virtual Reality Immersion</i>	O poder alfa do EEG é modulado por mudanças de atenção durante tarefas cognitivas e imersão na realidade virtual
Grupo 2 de palavras-chave	
Os artigos A/ C/ D apareceram nesta busca novamente, por isso não foram contabilizados aqui.	
Grupo 3 de palavras-chave	
F. <i>Impact of contour on aesthetic judgments and approach-avoidance decisions in architecture</i>	Impacto do contorno em julgamentos estéticos e decisões de evasão de abordagem na arquitetura
G. <i>Buildings, Beauty, and the Brain: A Neuroscience of Architectural Experience</i>	Edifícios, beleza e o cérebro: Uma neurociência da experiência arquitetônica
H. <i>The impact of sensorimotor experience on affective evaluation of dance</i>	O impacto da experiência sensório-motora na avaliação afetiva da dança
I. <i>Aesthetic Experiences Across Cultures: Neural correlates when viewing traditional eastern or western landscape paintings</i>	Experiências estéticas entre culturas: Correlatos neurais ao visualizar pinturas de paisagens tradicionais orientais ou ocidentais
Grupo 4 de palavras-chave	
J. <i>The relationship between architecture and Education for Sustainable Development (ESD). Space as a reactive factor within the pedagogical model</i>	A relação entre arquitetura e Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS). O espaço como fator reativo no modelo pedagógico

Fonte 5 - A autora, 2021.

2.2 Sobre os artigos selecionados

Dentre os artigos selecionados, percebeu-se uma uniformidade entre os tipos de métodos, por essa razão a sequência das explicações se dará pela similaridade entre eles. A seguir serão citadas as abordagens e especificidades dentro cada um.

O artigo “A”, por meio de uma revisão sistemática, propôs estudos sobre enriquecimento ambiental (este exclui a exposição à natureza, diferente da psicologia ambiental). A finalidade foi mostrar de que forma o ambiente construído produz reações emocionais e neurofisiológicas em um espaço de contexto neutro que evite desencadear lembranças e associações. O objetivo dos autores foi avaliar metodologias e evidências existentes, desenvolver testes, avaliar o impacto das decisões de projetos nos estados mentais e verificar se tais medidas provocariam uma reação emocional consciente. O projeto foi experimentado em 19 participantes em uma *cave*⁹ artificialmente controlada, com simulações e estímulos isolados. Foi utilizada eletroencefalografia (EEG), que dá uma resposta neurofisiológica mais objetiva para medição das variações entre ondas cerebrais e avalia como as transições das emoções são expressas. O trabalho analisou escala em ambiente com acústica, ventilação, umidade, luz e conforto térmico controlados. A pesquisa foi desenvolvida na Escola de Arquitetura da *Deakin University* (Austrália), em parceria com um professor da mesma escola e com a Faculdade de Saúde, também da *Deakin*. O financiamento foi da *Academy of Neuroscience for Architecture* (ANFA).

O artigo “D” fez uso dos mesmos métodos da pesquisa A, em uma investigação com 12 participantes em um ambiente virtual (AV) imersivo de *cave*, com o objetivo de apreciar espaços com projetos de design de interiores e monitorados por EEG. Foram feitas análises de correlação entre familiaridade, novidade, conforto, simpatia, excitação e presença, a fim de buscar relações entre mecanismos corpóreos, emocionais e cognitivos e suas reações. A pesquisa procurou uma contribuição para melhoramento nos projetos construtivos, com a finalidade de criar ambientes que satisfaçam as demandas atuais de saúde e bem-estar para seus usuários. Os indivíduos foram expostos a salas virtuais de tamanho real, com projeções vazias e duas outras vezes com diferentes tipos de projetos de design para interiores. O teste era finalizado quando os sujeitos experimentaram sensação de presença no ambiente. Nas imersões, os participantes faziam seus julgamentos de acordo com os parâmetros da pesquisa. Foram testadas se variações sistemáticas nos ambientes levariam a algum resultado comportamental que pudesse ser medido. O projeto foi desenvolvido em parceria entre os departamentos de fisiologia e farmacologia, design e arquitetura, psicologia e medicina molecular da *Sapienza University of Rome* (Itália), de onde também veio o financiamento.

Outro trabalho que também usou eletroencefalografia e *cave* foi o artigo “E”. A pesquisa descreveu análises do ritmo alfa¹⁰ em um ambiente virtual (AV), em parceria com uma empresa de projetos de interiores para cabines de aeronaves. A intenção foi abrir perspectivas nos estudos em design de sistemas artificiais, além de pesquisas sobre comportamento

⁹CAVE - *Cave Automatic Virtual Environment* ou Caverna Digital, onde são projetadas imagens para que os participantes possam vê-las por meio de dispositivos numa imersão virtual.

¹⁰Esse ritmo é típico da vigília, ou seja, acelerado. Pode permanecer nas mais variadas fases do sono, até mesmo no sono de ondas lentas, levando a uma sensação de sono não restaurador. Em algumas circunstâncias, têm-se um descompasso entre o ritmo do corpo e o da mente, que permanece acelerada mesmo com a pessoa dormindo - é como se o cérebro não desligasse. Uma das alterações mais comuns é a intrusão de ritmo alfa durante o sono. Site:

<https://www.ciceroalves.com.br/noticias/dicas/voce-sabe-o-que-e-ritmo-alfa-3>

humano. Foram feitos dois experimentos com EEG em laboratório e usando participantes, os quais foram submetidos a tarefas controladas em AV. Tais situações mediam esforço cognitivo e atenção sensorial com exploração de itens visuais e em sessões que controlavam momentos de relaxamento e pausa. No sistema *cave*, um avatar do participante era conduzido por um AV de cabine de aeronave e medido por um *Microsoft Kinect*. Esta pesquisa foi desenvolvida na *University of Bologna* (Itália), nos departamentos de engenharia elétrica, eletrônica e da informação e engenharia industrial. Seu financiamento foi pelo *Clean Sky 2 Joint Undertaking*, um programa do *EU's Horizon 2020*.

Até aqui, percebeu-se que as pesquisas propuseram uma postura colaborativa entre departamentos para que os dados coletados e os resultados alcançados fossem estruturados em benefício de todos os pesquisadores. O uso da tecnologia está sendo considerada como um dos fatores de maior avanço nas pesquisas da área, fazendo com que as descobertas sejam mais assertivas e os futuros projetos não se tornem descartáveis. O caso corrobora com o pensamento sistêmico de Morin (2003), demonstrando que um planejamento completo só se faz no modo transdisciplinar. Tal fato não se consegue isoladamente, por isso faz-se importante que em cada momento da pesquisa haja especialistas diversos colaborando entre si.

Ainda nos grupos 1/2, percebeu-se que os demais trabalhos ("B" e "C") também fizeram uso da EEG, além de outras técnicas. O artigo "B" explorou o reconhecimento de emoções humanas na computação afetiva, trabalhando com manipulação emocional experimental em uma pesquisa que comparou e quantificou padrões psicológicos (com testes auto avaliativos) e fisiológicos. Para isso, foi realizada uma visita real e uma visita virtual imersiva no *Institut Valencià d'Art Modern* na exposição *Départ-Arrivée*, que retratava o Holocausto. Os sujeitos tinham características específicas e foram selecionados por meio de questionários de saúde e testes mentais. Primeiramente foram expostos a imagens 2D e logo após a panoramas em 360° de ambientes arquitetônicos em um cenário-base, desenvolvidos e renderizados em programas 3D e que sofriam alterações em relação a cor, iluminação e geometria. No terceiro momento fizeram uma visita física ao museu citado, portando uma câmera *GoPro* e uma mochila com *notebook*, a fim de gravar seus sinais fisiológicos. O último teste foi uma imersão em realidade virtual ao mesmo museu, desenvolvida e denominada pelos pesquisadores de *IVE 3D* e fazendo o uso de um *head-mounted-display* (HMD¹¹). Ao final da visita, os participantes foram convidados a responder questionários. Em todos os momentos, os mesmos usavam eletrodos na cabeça com o objetivo de captar informações para a EEG. O trabalho foi feito em parceria entre as universidades *Universitat Politècnica de València* (Espanha), *University of Pisa* (Itália), *University of Padua* (Itália), entre os departamentos de investigação e inovação em bioengenharia, robótica, engenharia da informação e psicologia. O financiamento foi pelo *Ministerio de Economía y Competitividad de España*.

Já no artigo "C", os estudos foram voltados para análises das formas naturalistas dos espaços construídos. Por meio de relatos neurofisiológicos, foram testados impactos na emoção humana e na atividade cerebral de 15 participantes em uma imersão em ambiente virtual (AV) arquitetônico de um quarto 3D, com registros feitos por MoBI¹² e eletroencefalografia. Os

¹¹HMD – dispositivo de exibição usado na cabeça ou como parte de um capacete, que tem uma pequena tela ótica na parte frontal ou uma em cada olho, totalmente imersivos e que isolam o usuário do mundo externo.

¹²MoBI – *Mobile brain/body imaging*: sincroniza gravações da dinâmica do cérebro em participantes que se comportam ativamente por meio da captura de movimentos, usando abordagens de análise

pesquisadores também fizeram uso do *head-mounted-display*, pois verificou-se que a mobilidade no espaço seria um fator importante. O foco era o estudo do impacto das formas no ambiente e a combinação das mesmas. Os AVs foram construídos com interior branco, cor e iluminação idênticas e algumas diferenças nas formas, para que os grupos de participantes pudessem fazer auto avaliações a respeito do impacto emocional ocorrido em cada um deles. As avaliações emocionais semelhantes foram reagrupadas e novos testes foram feitos. Ao final de cada ensaio foi avaliado se os participantes demonstraram níveis comparáveis de atenção e envolvimento com as tarefas definidas para cada quarto. Os participantes foram testados nas escalas de excitação, prazer e domínio, permitindo uma investigação dos processos afetivos e cognitivos durante as etapas. O estudo foi desenvolvido na *Iran University of Science and Technology*, *University of Tehran* (Irã), *Berlin Institute of Technology* (Alemanha), *University of California* (Estados Unidos) e *University of Technology Sydney* (Austrália) com financiamento pelo *Cognitive Science and Technology Council* (COGC) situado no Irã.

Finalizando as análises dos grupos 1/2, observou-se incentivo financeiro e constante trabalho interdisciplinar, além de diversificadas opções de dispositivos para captação de dados. Apenas em um (1) artigo notou-se participantes com algum conhecimento nos campos do Design, Artes ou Arquitetura, a grande maioria dos sujeitos analisados era escolhida justamente por não o ter. Constatou-se a necessidade por uma busca de dados em bases nacionais para que outros resultados e métodos sejam encontrados e avaliados.

Partindo para a temática a respeito da neuroestética e da arquitetura relativas ao grupo 3, percebeu-se certo amadurecimento na abordagem da ‘neuroarquitetura’ como uma ciência experimental. O artigo “F” mostrou que ainda há poucas pesquisas no meio científico que relacionam como espaços arquitetônicos impactam no comportamento humano. A pesquisa focou no estudo sobre a variação sistemática do contorno (relativo ao formato curvo), por este ser um importante fator físico ao se planejar espaços, além de impactar nos julgamentos estéticos e decisivos dos usuários. O objetivo foi tentar medir uma resposta afetiva nas construções arquitetônicas por meio do uso de métodos que medem o comportamento cerebral. Os participantes foram expostos a uma cabine de ressonância magnética (RM), com fotografias de espaços de interiores que variavam entre ambientes com formas retilíneas e curvas, altura do teto (alto ou baixo) e abertura (aberta ou fechada). Foram feitas perguntas sobre a estética do espaço (*beautiful* ou *not beautiful*) e se para uma evasão, o participante ficaria ou sairia do local (*enter* ou *exit*). Foram usadas 200 imagens padronizadas em termos de tamanho e resolução, separadas por grupos conforme o método escolhido. O trabalho foi desenvolvido entre os departamentos de psicologia da *University of Toronto*, *York University* (Canada), *Universidad de La Laguna* (Espanha), neurologia da *University of Pennsylvania* (Estados Unidos) e design, arquitetura e tecnologia de mídia da *Aalborg University* (Dinamarca). O financiamento foi concedido pelo *Ministerio de Ciencia a Innovación, Ministerio Industria, Turismo y Comercio* e apoiado pelo *Servicio de Resonancia Magnética para Investigaciones Biomédicas* da *Universidad de La Laguna*.

Já no artigo “G”, foi feita uma revisão da literatura que esclareceu conceitos relacionados à estética, justificando que culturas do mundo todo consideram a prévia experiência visual como vital na construção humana. Levando em consideração que estudos sobre estética têm sido explorados no último século e a dimensão sobre o significado do ambiente construído vem se

orientada a dados para dissociar o cérebro de fontes não cerebrais de atividade implícita, mudanças cognitivas e afetivas durante o movimento natural do ser humano no ambiente. (BANAEI et al. apud MAKEIG et al., 2017, p.2-3, tradução da autora).

modificando, viu-se no tema um recorte a ser aprofundado. Os pesquisadores usaram a tríade-estética¹³ proposta por Vitruvius¹⁴ para explicar a importância de se incorporar o tema às pesquisas que abordam forma e função na arquitetura. Explicou-se que tais recursos do ambiente nos estimulam de formas diferentes, sendo a visão a que domina na pesquisa sobre percepção nos espaços. Foram analisados resultados de estudos anteriores com neuroimagens para avaliação de emoções e pesquisas com experiências visuais e não visuais. Os autores notaram que a maioria dos trabalhos sobre neurociência aplicada à arquitetura são voltados para identificação de fontes de doenças, mas que é possível ampliá-los para reconhecer aspectos positivos do funcionamento psicológico, bem-estar emocional e saúde fisiológica em espaços diversos. Este trabalho não fez uso de participantes, mas foi considerado pela revisão bibliográfica que abordou desde Vitruvius até meados de 2017, se tornando uma importante fonte de buscas. O artigo foi desenvolvido na *University of Pennsylvania* (Estados Unidos), *University of Cambridge* (Inglaterra) e *University of Toronto* (Canadá), com financiamento particular.

O artigo “H” abordou uma visão diferenciada para essa revisão. O trabalho teve o objetivo de identificar a relação entre experiência estética e avaliação afetiva em movimentos do corpo por meio da dança. Um total de 62 participantes combinados em termos de idade, pouca ou nenhuma experiência em dança e pouca ou nenhuma experiência com vídeo games foram recrutados para os experimentos. Todos preencheram o formulário *Brunel Mood Scale* (BRUMS¹⁵) e foram divididos em três grupos para serem testados separadamente pelo seu desempenho no Jogo *Kinect Dance Central 2*, do *Xbox 360*. Foram feitos testes de atenção audiovisual (assistindo e ouvindo as músicas das danças) e testes com experiência auditiva (apenas ouvindo as músicas). Após cada fase, os participantes respondiam um questionário no qual deveriam expor suas emoções e sentimentos durante as avaliações. Foram analisadas as performances físicas no *Kinect* (por pontuação numérica de avaliação de desempenho) além do julgamento afetivo em relação à experiência, o qual questionava sentimentos subjetivos sobre o desempenho individual. O artigo não tratou exatamente de espaços físicos, mas da medição da satisfação, experiência, memória e emoção dos seus participantes, provando que um fator determinante da estética é a dinâmica do processamento por meio de estímulos no seu observador. O trabalho foi desenvolvido na *Bangor University* (Reino Unido) e na *Radboud University Nijmegen* (Holanda), nos departamentos de psicologia e ciência comportamental. O financiamento foi feito pela *Bangor University Scholarship, Netherlands Organization for Scientific Research e Economic and Social Research Council Future Research Leaders*.

Para o artigo “I”, os resultados observados foram relacionados ao julgamento estético em níveis comportamentais, medidos por meio de ressonância magnética. Foram testados participantes europeus (16) e chineses (15), visualizando paisagens de suas próprias regiões e de regiões de culturas distintas. Os pesquisadores partiram da premissa que há correspondência entre algumas propriedades em obras de arte e pinturas com os princípios de organização no nosso cérebro. Sugeriu-se que a noção de estética varia entre indivíduos e que a avaliação da mesma depende da experiência cultural de cada um. Eles defendem a ideia de

¹³De acordo com este modelo, três sistemas geram experiências estéticas: sensório-motor, conhecimento-significado e sistemas de avaliação de emoções.

¹⁴Marco Vitrúvio Pollio foi arquiteto e pesquisador no século I a.C. Ficou conhecido por “Da Arquitetura”, única obra teórica de arquitetura estabelecida na Antiguidade.

¹⁵Este questionário se baseia no Perfil dos Estados de Humor e contém 24 questões divididas em seis respectivas subescalas: raiva, confusão, depressão, fadiga, tensão e vigor. Os itens foram respondidos em uma escala *Likert* de 5 pontos (0 = não em absoluto; 4 = extremamente).

demais autores da área que afirmam que a experiência estética (beleza) não é colocada, mas é uma propriedade emergente no cérebro de quem vê, surgindo quando o espectador interage com contextos físicos e culturais incertos. Os participantes foram submetidos a visualização de imagens de paisagens dos dois ambientes culturais (europeu e chinês), ora invertidas, ora recortadas e projetadas por um projetor de vídeo dentro de um scanner de ressonância magnética (RM). Os sujeitos foram instruídos a dar opiniões subjetivas a respeito das cenas e depois fizeram a observação das pinturas reais, respondendo perguntas no mesmo método do artigo “H”, classificadas na escala tipo *Likert*¹⁶. Analisou-se que a apreciação estética estava ligada à cultura dos participantes e às suas próprias experiências e expectativas anteriores, estando tais experiências alinhadas à cognição humana e baseadas nos princípios de eficiência e previsão. O projeto foi desenvolvido em parceria entre a *University of Munich* e *Physikalisch-Technische Bundesanstalt* (Alemanha) e *Peking University* (China), dentro dos departamentos de medicina, psicologia, ciências humanas, artes e ciência e do laboratório de comportamento e saúde mental. O financiamento foi pela *National Natural Science Foundation of China*, *China Scholarship Council* e *German Academic Exchange Service*.

Até o momento, entendeu-se que ao se pesquisar sobre as funções biológicas das emoções, pode-se compreender como induzi-las em nossos espaços. A intenção é produzir ambientes que promovam saúde e qualidade de vida, pois a relação entre sentimento, corpo e espaço é intrínseca. Por exemplo, Nanda et al. (2009) em suas pesquisas sobre neuroestética e design para área da saúde, entenderam que as percepções sobre propriedades visuais específicas já podem ser traduzidas em recomendações técnicas sobre o que deve ser incorporado e evitado nos projetos de design de ambientes arquitetônicos.

Tendo em vista agora o grupo 4, correspondente à pesquisa sobre neuroeducação e arquitetura, tem-se o artigo “J”. Baseado no tema Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS), o trabalho coloca em pauta as necessidades de um sistema com modelos acadêmicos mais sustentáveis e que promovam mais motivação e autonomia para os estudantes, acompanhado de uma arquitetura escolar diferente. O projeto promoveu uma pesquisa sobre o diálogo pedagógico e o espaço educacional, pontuando critérios relacionados à neuroeducação. Notou-se que o pensamento global para uma educação voltada ao compromisso e consciência foi questionado, mas deixando claro que a Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) é a grande responsável por tais relatórios. Complementou-se ainda que uma transformação abrangente no sistema educacional majoritário tradicional requer urgência. Para isso considera-se não apenas os modelos educacionais, mas também os espaços físicos de ensino. O trabalho utilizou uma metodologia indutiva, aplicando uma das etapas do método *Mirregan Todorov* conhecida como crítica poética (implicitamente carregada às etapas anteriores – descrição, análise e interpretação). Foram analisados os critérios: topologia, horários, condições ambientais, morfologia do espaço e campo educacional em três tipos de instituições: a) escola com diferentes estágios, b) latitudes e culturas diferentes, c) com modelo pedagógico EDS. Os locais eram respectivamente situados no Japão, Israel e Suécia. O contato foi feito diretamente com os escritórios que desenvolveram os projetos de construção e arquitetura das escolas, além das próprias unidades, para que as análises técnico-espaciais e conceituais fossem feitas de forma abrangente. As características físicas dos espaços com modelo EDS foram consideradas

¹⁶Neste caso, as perguntas estavam associadas aos seguintes processos mentais, respectivamente: excitação, valência, preferência, beleza, relaxamento, familiaridade, empatia e absorção relacionada ao objeto.

conectadas ao desenvolvimento tecnológico e à sustentabilidade. Este trabalho não fez uso de participantes, mas desenvolveu uma análise espacial dentro de parâmetros internacionais definidos pela UNESCO. O artigo foi desenvolvido no *Istituto Europeo di Design Madrid* (Espanha) e o único dos dez trabalhos escolhidos que não relatou financiamento.

Abrindo o leque de possibilidades nas pesquisas que relacionam neurociência com psicologia, arquitetura e design de ambientes, Martínez-González et al. (2018) também mostraram que a solução de problemas e tomadas de decisões dependem do controle emocional dos alunos em suas instituições. As investigações voltadas para a melhoria das técnicas que priorizam atenção, memória e trabalho em ambientes institucionais têm otimizado processos cognitivos e de aprendizagem desde o ensino fundamental até o superior, conforme os autores. Logo, entende-se que o pensamento complexo proposto por Morin (2011) nos ensina a assumir uma tensão, na tentativa de expressar um canal de comunicação entre os dissemelhantes. Os opostos podem e devem dialogar entre si para que se possa obter currículos cada vez mais criativos e multidimensionais. Todos os trabalhos descritos aqui relataram aprovação pelos seus respectivos comitês de ética e todos os participantes envolvidos assinaram termos de consentimento. Alguns participantes receberam compensação monetária na forma de vale-presente, dinheiro ou créditos em seus cursos pela participação. Os demais foram voluntários.

3 Resultados encontrados na seleção dos artigos

Notou-se uma combinação de dispositivos tecnológicos diferentes visando resultados mais sólidos, com diferentes perspectivas e colaborações técnicas. Foram encontrados: *caves*, *Microsoft Kinect*, *GoPro*, *head-mounted-display*, *IVE 3D*, *Xbox 360*, além de programas específicos usados para desenvolver os ambientes virtuais (AV) de cada pesquisa. Dentre os dez artigos selecionados nenhum deles foi promovido exclusivamente para área da saúde, mas a maioria optou por usar espaços controlados para desenvolver os testes. Os demais fizeram uso de espaços diversos com foco na análise comportamental dos participantes, além de experimentos em parceria com profissionais da área da saúde que fazem uso de eletroencefalografia (EEG) e ressonância magnética (RM).

Por exemplo, no artigo “A”, Bower et al. (2019) concluíram que o impacto das pesquisas em ambientes construídos junto aos fatores neurofisiológicos de seus usuários, abre portas para se entender como apoiar a saúde mental e o bem-estar de forma não invasiva por meio da exposição ambiental (arquitetônica), reconhecendo-a como uma forma de terapia. Tal conclusão corrobora com os resultados do artigo “D”, de Vecchiato et al. (2015). Os autores concluíram que quando um ambiente construído é otimizado projetualmente, o mesmo pode corresponder às necessidades dos seres humanos, envolvendo diferentes mecanismos e circuitos cerebrais por meio da apreciação estética, por exemplo. Vecchiato et al. sugeriram que a experiência dos usuários está relacionada com a possibilidade de suas ações, além de que a apreciação e intenção de interagir com o meio pode envolver fatores emocionais. Magosso et al. (2019) ao abordarem o ritmo alfa no artigo “E”, explicaram como o mesmo é responsável por isolar o ambiente externo e adequar a atenção do cérebro para aspectos internos, detectando mudanças na atenção dos participantes quando os mesmos necessitavam de concentração em determinadas tarefas. Os autores abordaram a necessidade de os ambientes serem pensados para funções específicas e com devido monitoramento. Tal conclusão pode auxiliar na concepção de projetos de interiores que exijam maior cuidado, atenção e vigília, a título de exemplo.

Avaliações emotivas foram desenvolvidas nos artigos “B” e “C”, elucidando como estímulos externos são capazes de moldar emoções nos seres humanos. Marín-Morales et al. (2019) sugeriram que ferramentas tecnológicas já tem o poder de tecer emoções nos indivíduos, quando fizeram testes em ambientes físicos reais e virtuais e detectaram quase nenhuma diferença nos resultados, abrindo o campo da computação afetiva para mais estudos. Já Banaei et al. (2017) enfatizaram os mesmos critérios defendidos por Pallasmaa (2009), descrevendo que a arquitetura é um tipo de experiência que interage com o significado (memória) e com nosso movimento corporal (sensório-motor). A pesquisa mostrou que o ambiente construído não é apenas forma, função, geometrias e cores, mas um conjunto de recursos que se relacionam como: tipo, localização, escala, ângulos e a forma como seu habitante o vivencia.

Já nos parâmetros neuroestéticos, os resultados confirmaram que estética significa mais do que apenas um resultado belo, mas também é um fator determinante do comportamento humano nos espaços. No artigo “F”, Vartanian et al. (2013) partindo das premissas de Le Corbusier, enfatizaram que a arquitetura e suas formas trabalham sobre os nossos sentidos. Além de criticar julgamentos sem fundamento sobre beleza, por meio de testes em espaços com formatos retilíneos e curvos, os autores explicaram como as variações projetuais nas construções levam a resultados comportamentais. Concluiu-se que o padrão de preferência pelas curvas é influenciado por nossa história evolutiva que se relaciona diretamente com nosso ambiente natural. Ainda nas pesquisas sobre estética, no artigo “G”, Coburn et al. (2017) propuseram que profissionais do design e da arquitetura têm capacidade de manipular parâmetros comportamentais, sensitivos e emotivos em seus projetos, levando seus usuários a respostas adaptativas. De acordo com tal estudo, a atratividade também é um elemento-chave que afeta nosso bem-estar em um ambiente construído.

Kirsch et al. (2013) no artigo “H”, usaram a dança e o estudo do comportamento humano mediante obstáculos para provar que quando o ser humano passa por experiências físicas e motivacionais, há maior prazer e sentimento envolvidos do que quando apenas observam determinadas situações ou espaços. Os autores comprovaram que variáveis diferentes, neste caso capacidade física e experiência estética, podem se relacionar e ser manifestadas igualmente no comportamento humano. Já no artigo “I”, Yang et al. (2019) demonstraram que os participantes obtiveram maior ativação cerebral nos testes quando expostos a elementos de suas próprias culturas. Além disso, concluíram que quando os observadores estavam diante de uma obra de arte eles reagiam ao que aquilo representava de maneira particular, destacando que a cultura é um fator que norteia a percepção visual nos estímulos estéticos.

Por fim, o artigo “J” de Amann (2016) selecionado dentro do tema neuroeducação, trouxe conclusões de outros autores a respeito da necessidade de se ampliar e melhorar os modelos educacionais rígidos. Explicou-se que fazendo o uso de trabalhos mais colaborativos, não apenas estabelecendo uma ligação entre instituição, professor e aluno, pode-se adequar o espaço físico à realidade de cada local, a fim de compreender a importância da correspondência entre modelo pedagógico e espaço educacional. Há muito o que se aprender com os estudos promovidos nesta área, visto que o Brasil ainda é um país que não coloca a educação em seus primeiros lugares e muito menos faz incentivo à pesquisa em todas as áreas.

Sobre os resultados encontrados, todos colaboraram de alguma forma como dados qualitativos e quantitativos a respeito de como os espaços físicos podem promover saúde e bem-estar aos

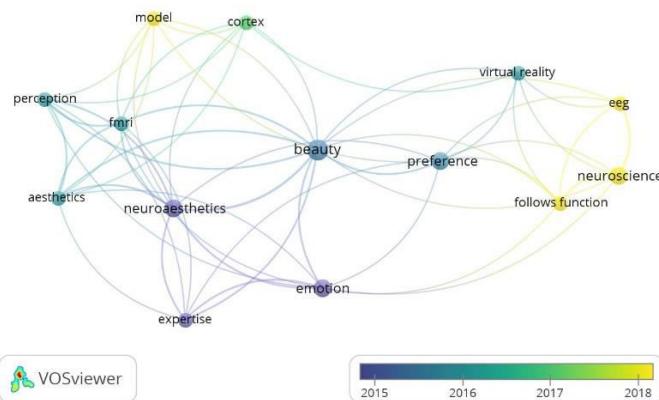
seus usuários. Portanto, quando os dados são comprovados mediante junção de métodos subjetivos e objetivos eles podem ser absorvidos e replicados como referências concretas.

4 Cruzamento de dados das pesquisas selecionadas

Para análise das palavras-chave encontradas, foi utilizado o software *VOSViewer* 1.6.16, que gera mapas que unem todas buscas em uma única marca gráfica. O primeiro mapa a ser analisado será o de *co-citation* de todas as *key-words* nas dez pesquisas, unindo as mais usadas pelos próprios autores na análise de todos os trabalhos na linha de tempo determinada (2003-2021). Foi contabilizada a ocorrência mínima de 2 palavras-chave. De 99 palavras, 14 grupos cumpriram o limite.

Conforme se analisa a figura 1, vê-se que em meados de 2015, as pesquisas propunham palavras como neuroestética, emoção, *expertise*. Com o passar dos anos agregaram percepção, beleza, fMRI, realidade virtual, córtex cerebral. E só em 2018 se usou EEG, neurociência e função.

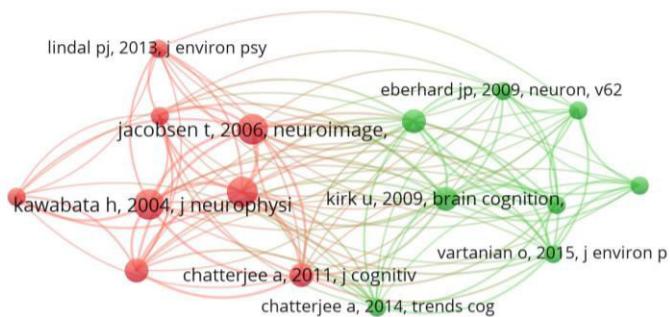
Figura 1 - Mapa de palavras-chave / Co-citation / WoS



Fonte 1 - A autora, 2021.

Para maior contribuição de informações, verificou-se no método *co-citation* (sobre o que os estudos falam) um mapa de referências citadas, pois um mesmo autor pode ter estudos multidisciplinares. O número mínimo de citações foi de 3, sendo que das 618 referências citadas, 16 grupos cumpriram o limite, conforme figura 2.

Figura 2 - Principais autores citados e suas abordagens/ Co-citation/ WoS

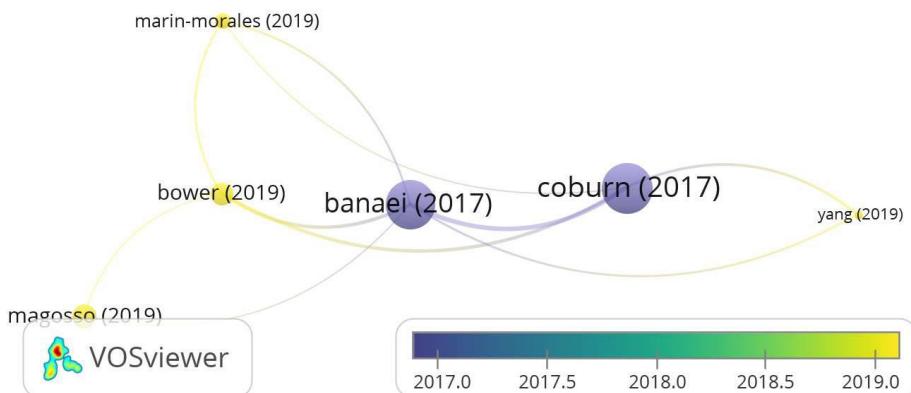


Fonte 2 - A autora, 2021.

Como se vê na figura 2, encontrou-se no *cluster 1* (vermelho), autores como: Chatterjee (em 2011 com pesquisas sobre neurociência cognitiva), Jacobsen (2006 - neuroimagens), Kawabata (2004 - neuropsicologia) e Lindal (2013 – psicologia ambiental). Já no *cluster 2* (verde), foram encontradas as referências de Eberhard (2009 – neurociência para arquitetura), Kirk (2009 – cognição cerebral), Vartanian (2015 – psicologia ambiental) e Chattejee (2014 – cognição). Vê-se aqui uma busca colaborativa entre as áreas da medicina e da psicologia agregadas à arquitetura.

Outro mapa analisado foi o de acoplamento bibliográfico, que mensura a proximidade entre 2 artigos e faz uma análise entre suas referências. Neste caso usou-se o método *coupling*, que normalmente analisa as informações dos últimos 3 anos das pesquisas. Mas aqui a análise foi de 2017 a 2021, visto que os anos de 2020 e 2021 foram atípicos. No caso desse artigo, totalizaram-se 6 pesquisas neste período. O número mínimo de citações foi de 0, sendo que dos 6 autores encontrados, os 6 cumpriram o limite. A base WoS destaca apenas os primeiros nomes das listas, mas pode-se encontrar todos eles nas referências dessa pesquisa.

Figura 3 - Relação entre autores/ Coupling/ WoS



Fonte 3 - A autora, 2021.

Podemos analisar as semelhanças no ano de 2017 entre Banaei et al. e Coburn et al., respectivamente:

- *Walking through architectural spaces: the impact of interior forms on human brain dynamics.*
- *Buildings, beauty, and the brain: A neuroscience of architectural experience.*

Já no ano de 2019 quando houve mais publicações, já era de se esperar mais colaborações como nos artigos de Bower et al., Magosso et al., Marín-Morales et al. e Yang et al., respectivamente com:

- *Impact of built environment design on emotion measured via neurophysiological correlates and subjective indicators: A systematic review*
- *EEG alpha power is modulated by attentional changes during cognitive tasks and virtual reality immersion*
- *Real vs. immersive-virtual emotional experience: Analysis of psycho-physiological patterns in a free exploration of an art museum*
- *Aesthetic experiences across cultures: neural correlates when viewing traditional Eastern or Western landscape paintings.*

Para confirmar todos os dados apresentados a respeito das áreas de pesquisa, não foi uma surpresa tais campos serem tão distintos (figura 4). Tal padrão é constatado devido aos locais e exigências das revistas onde estes artigos são publicados. Além disso, não foi constatada nenhuma publicação em revistas nas áreas de design ou arquitetura. Já a revista da área de neurociência que mais publicou foi a *Frontiers in Human Neuroscience*, de IF₂₀₂₀ 3,169, Q3 e 2 publicações.

Figura 4 - Áreas de pesquisa dos artigos



Fonte 4 - WoS Clarivate, 2021.

As universidades que mais publicaram foram *University of Pennsylvania* e *University of Toronto*, com 2 publicações cada. Os autores que mais publicaram foram Chatterjee e Vartanian, que publicaram em conjunto 2 pesquisas: *Buildings, Beauty, and the Brain: A Neuroscience of Architectural Experience* – que tem 36 citações na base e o artigo *Impact of contour on aesthetic judgments and approach-avoidance decisions in architecture*, que já alcançou 115 citações. Os dados são de novembro de 2021.

Um dos fatores mais importantes observado nos resultados das pesquisas analisadas foi a necessidade de se conhecer além do ambiente construído. Há uma demanda pela compreensão psicológica e emotiva dos seres humanos e como os mesmos se relacionam com seus espaços físicos, especialmente quando se diz respeito à qualidade das experiências neles vividas. Percebeu-se uma combinação entre diferentes dispositivos tecnológicos nos métodos experimentais para medição de percepção e comportamento, além de relatórios sistemáticos que resumiram pesquisas de importantes autores ao longo dos anos. Constatou-se que a maioria dos experimentos necessita de investimento financeiro, embora isso, alguns podem ser adaptados e replicados de acordo com as necessidades de cada pesquisa, instituição e país. Sobre os sujeitos participantes, a grande maioria não tinha conhecimento em nenhuma das áreas aqui citadas, no entanto, exigiu-se que todos estivessem psicologicamente e fisicamente aptos para os testes.

Uma das funções desse trabalho foi demonstrar que resultados científicos subjetivos e objetivos conseguem ser transformados em técnicas que podem ser usadas no desenvolvimento de projetos de design interiores e arquitetura de espaços. Notou-se que muitos dados, especialmente os medidos em equipamentos manuseados por profissionais da área da saúde, devem ser lidos por especialistas da área. Logo, percebe-se a amplitude que pesquisas como essas podem alcançar. Entendeu-se que tais resultados são oriundos de processos interdisciplinares, os quais visam conhecer não apenas as construções, mas também os sujeitos que ali vivem. Não somente a beleza está envolvida na concepção de projetos de ambientes, mas sim, todo um conjunto de medidas técnicas, interpessoais e neurocognitivas que podem resultar em um impacto biológico positivo nos sujeitos e seus espaços.

Pretende-se buscar mais pesquisas em bases de dados distintas, na língua portuguesa e com outros grupos de palavras-chave de acordo com as características bibliográficas encontradas nos artigos aqui discutidos. Essa revisão pode contribuir para futuras pesquisas pois expõe autores que já puderam validar em seus trabalhos a necessidade de ser estudar mais e melhor os espaços construídos em que vivemos. Acredita-se que a colaboração transdisciplinar pode compatibilizar com o conhecimento necessário ao pesquisador do século XXI.

6 Referências

- AMANN VARGAS, Beatriz. The relationship between architecture and Education for Sustainable Development (ESD). Space as a reactive factor within the pedagogical model. **Bordon-Revista de Pedagogia**, v.68, n.1, p.145-163, 2016.
- BANAEI, Maryam et al. Walking through architectural spaces: The impact of interior forms on human brain dynamics. **Frontiers in human neuroscience**, v.11:477, 2017.
- BOWER, Isabella; TUCKER, Richard; ENTICOTT, Peter G. Impact of built environment design on emotion measured via neurophysiological correlates and subjective indicators: A systematic review. **Journal of environmental psychology**, v.66:101344, 2019.
- COBURN, Alex; VARTANIAN, Oshin; CHATTERJEE, Anjan. Buildings, beauty, and the brain: A neuroscience of architectural experience. **Journal of Cognitive Neuroscience**, v.29, n.9, p.1521-1531, 2017.
- EBERHARD, John P. Applying neuroscience to architecture. **Neuron**, v.62, n.6, p.753-756, 2009.
- HERCULANO-HOUZEL, Suzana. **O cérebro nosso de cada dia: descobertas da neurociência sobre a vida cotidiana**. Rio de Janeiro: Vieira e Lent, 2002.

KAPLAN, Stephen. The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. **Jurnal of environmental psychology**, v.15, p.169-182, 1995.

KIRSCH, Louise; DROMMELSMIDT, Kim A.; CROSS, Emily S. The impact of sensorimotor experience on affective evaluation of dance. **Frontiers in human neuroscience**, v.7:521, 2013.

MAGOSSO, Elisa et al. EEG alpha power is modulated by attentional changes during cognitive tasks and virtual reality immersion. **Computational intelligence and neuroscience**, v.2019:7051079, 2019.

MARIANO, Ari Melo; ROCHA, Maíra Santos. Revisão da literatura: apresentação de uma abordagem integradora. In: **AEDEM International Conference**, p.427-442, 2017.

MARÍN-MORALES, Javier et al. Real vs. immersive-virtual emotional experience: Analysis of psycho-physiological patterns in a free exploration of an art museum. **PloS one**, 14(10):e0223881, 2019.

MARTÍNEZ-González A. E.; PIQUERAS RODRÍGUEZ J. A.; DELGADO B.; GARCÍA-FERNÁNDEZ J. M. Neuroeducación: aportaciones de la neurociencia a las competencias curriculares. **Publicaciones**, 48(2), 23-34, 2018.

MORIN, Edgar. **A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento**. Tradução Eloá Jacobina. 8ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

_____. **Introdução ao pensamento complexo**. Tradução Eliane Lisboa. 4ed. Porto Alegre: Sulina, p.09-78, 2011.

NANDA, Upali; PATI, Debajyoti; MCCURRY, Katie. Neuroesthetics and healthcare design. **HERD: Health Environments Research & Design Journal**, v.2, n.2, p.116-133, 2009.

PALLASMAA, Juhani. **Os olhos da pele: a arquitetura e os sentidos**. Tradução Alexandre Salvaterra. Artmed Editora, p.15-22, 61-69, 2011.

SANTOS, Aguinaldo dos. **Seleção do método de pesquisa: guia para pós-graduando em design e áreas afins**. Curitiba, PR: Insight, 2018.

VARTANIAN, Oshin et al. Impact of contour on aesthetic judgments and approach-avoidance decisions in architecture. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.110, n.Supplement 2, p.10446-10453, 2013.

VECCHIATO, Giovanni et al. Neurophysiological correlates of embodiment and motivational factors during the perception of virtual architectural environments. **Cognitive processing**, v.16, n.1, p.S425-S429, 2015.

Você sabe o que é ritmo alfa? **Clínica Cícero Alves**, 2021. Disponível em: <<https://www.ciceroalves.com.br/noticias/dicas/voce-sabe-o-que-e-ritmo-alfa-36.html>> Acesso em 01 nov. 2021.

YANG, Taoxi et al. Aesthetic experiences across cultures: neural correlates when viewing traditional Eastern or Western landscape paintings. **Frontiers in psychology**, v.10:798, 2019.