

# CAPÍTULO 11

## Os correlatos neurofisiológicos do ambiente de *coworking* no estado afetivo dos profissionais

*Márcia Seixas dos Santos*<sup>1</sup>

*Anibal Alexandre Campos Bonilla*<sup>2</sup>

*Susana Cristina Domenech*<sup>3</sup>

*Tiago Catecati*<sup>4</sup>

*Maíra Longhinotti Felipe*<sup>5</sup>

### Introdução

No intuito de desvendar os processos cognitivos do ser humano, estudos comportamentais vêm sendo desenvolvidos há muito tempo, pelas mais diversas áreas do conhecimento. A neurociência é uma disciplina que aprofunda as investigações sobre o sistema nervoso humano e seu funcionamento. Hipócrates, já no século IV a.C. em *Da Doença Sagrada*, colocava o encéfalo como parte central do homem pois, dele que surgem os prazeres, alegrias, risos, tristezas, dores e lágrimas. E, também,

---

1 Universidade do Estado de Santa Catarina | M.Sc. E-mail: marciaseixas@live.com

2 Universidade do Estado de Santa Catarina | Ph.D. E-mail: alexandre.campos@udesc.br

3 Universidade do Estado de Santa Catarina | Ph.D. E-mail: scdomenech@gmail.com

4 Universidade do Estado de Santa Catarina | D.Sc. E-mail: tcatecati@gmail.com

5 Universidade Federal de Santa Catarina | Ph.D. E-mail: m.l.felippe@ufsc.br

por intermédio dele que pensamos, vemos, ouvimos, distinguimos feio do belo, mal do bom e o agradável do desagradável. Com o advento da tecnologia, estudos, que antes eram primordialmente baseados na observação do comportamento, ganharam novas técnicas e aliaram métodos qualitativos à quantitativos com maior conhecimento e precisão.

A neurociência tem embasado as mais variadas investigações científicas. Os campos do design e arquitetura, de forma recente, já recorrem à abordagem neurocientífica em seus estudos. Investigações iniciais, acerca dos espaços construídos, foram baseadas em construções filosóficas e observações de padrões comportamentais para relacionar as respostas humanas ao ambiente investigado. Apesar de tais abordagens fornecerem evidências descritivas, ainda são distantes para comprovar as razões das diversas relações entre indivíduo e o ambiente construído. Para Sternberg (2008), a capacidade de percepção, interação e adaptação do indivíduo com o mundo em que vive é baseada no sistema nervoso.

As funções cognitivas trabalham conjuntamente para aquisição de novos conhecimentos e na criação de interpretações deles. Desde os comportamentos mais simples até os mais complexos, o sistema cognitivo é a relação entre estas funções. O estudo do cérebro humano e a relação com seu desempenho nas atividades cotidianas e laborais (Vasquez *et al.*, 2016) é uma das definições atribuídas à Neuroergonomia. Essa nova disciplina tem em seu propósito o estudo do cérebro humano em relação ao seu desempenho em ambientes de trabalho, e é abordada na presente investigação de forma a integrar ergonomia afetiva e neurociência, na compreensão das emoções que envolvem os profissionais. A relação entre padrões específicos de respostas fisiológicas e os estados emocionais têm impulsionado esse campo de pesquisa. Assim, à medida em que ocorrem, as técnicas que proporcionam informações acerca das funções mentais do homem têm sido a base dessas investigações (Sternberg, 2008).

O presente artigo é originário da dissertação de mestrado da autora, para o programa de pós-graduação da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), com linha de pesquisa em interfaces e interações cognitivas, entre pessoa-ambiente. O trabalho adota um espaço de *coworking*, na cidade de Florianópolis/SC, BR, como objeto de estudo, com a intenção de aprofundar o conhecimento acerca dos processos cognitivos do homem no ambiente interno construído. Frente à complexidade desse tipo de fenômeno surgiu a questão de pesquisa: como verificar os parâmetros quantitativos da eletroencefalografia (EEG), junto a parâmetros qualitativos, relativos ao estado emocional dos profissionais em *coworking*? A investigação tem por objetivo geral testar o método quantitativo de EEG associado à metodologia qualitativa em relação às emoções dos profissionais nessa tipologia de ambiente. E como objetivo

específico pretende verificar a correlação entre a avaliação da percepção do usuário por método quantitativo, desenvolvida com o equipamento de neurofisiologia EEG, e qualitativo pela aplicação de questionário. Intentando, assim, corroborar (ou refutar) as seguintes hipóteses: (a) os parâmetros quantitativos do EEG possuem relação com os parâmetros oriundos do método qualitativo na identificação do estado afetivo dos profissionais de *coworking*; (b) as respostas quantitativas, medidas nos participantes, são diferentes das respostas qualitativas, respondidas por eles.

A compreensão da percepção e das funções cognitivas é vital para as relações do sistema homem-ambiente, influenciando o comportamento humano e suas respostas emocionais e psicológicas em decorrência dos estímulos ambientais, justificando, portanto, o presente estudo. Os resultados mostraram que a associação da eletroencefalografia à escala SAM apresenta alguma significância como abordagem indicativa das emoções estimuladas pelo ambiente construído. Principalmente, com a relevância no uso dos eletrodos Fp1-Fp2, referentes ao córtex frontal, na correlação das variáveis quantitativas (EEG) e qualitativas (SAM). E que pode ser bastante promissor o aprofundamento dos correlatos neurocientíficos na relação pessoa-ambiente. A abordagem multimetodológica é pertinente nos estudos pessoa-ambiente visto que a complexidade do comportamento humano requer a integração e aplicação de ‘multimétodos’ (Günther *et al.*, 2008).

### Fundamentação teórica

A interdisciplinaridade que fundamenta as funções cognitivas, como propõe Meyer (2002), sugere a importância dos estudos acerca das áreas que correlacionam as ciências não segmentadas. Para o autor, enquanto por um lado estão cientistas capazes de descobrirem as especificidades dos neurônios visuais, por outro, estão os pensadores colocando em dúvida a nossa capacidade de perceber um mundo em si (Meyer, 2002). O processo cognitivo consiste em uma sequência de eventos necessários para a formação de conteúdo do conhecimento por meio de atividades da mente. Segundo Varela *et al.*, (1997), a ciência cognitiva reúne um grupo desconexo de disciplinas e não uma única disciplina, em que cada uma delas responde de modo diferente ao que é mente e cognição, refletindo as preocupações peculiares da disciplina em questão. O sistema cognitivo relaciona funções entre os comportamentos mais simples até os mais complexos. Percepção, memória, atenção, fala, solução de problemas (aprendizagem) e atividade motora, elenca Luria (1992), como as principais funções cognitivas. A avaliação de interfaces entre ambiente construído e interações cognitivas busca, em tais processos, a compreensão necessária para o domínio da relação emocional em que o espaço construído se conecta com o ser humano.

Para Fialho (2001), o fenômeno da cognição pode ser explicado da seguinte forma: primeiro uma função biológica, em que a sensação é a função biológica com sujeito e objeto no nível neuronal; segundo como um processo pedagógico, descrito pelo autor como “conjunto de mecanismos de codificação e coordenação das diferentes sensações elementares, visando um significado”. Pinker (1998) apresenta a emoção humana como motivação da mente e do corpo ao enfrentar os desafios de viver e reproduzir-se no nicho cognitivo. Em *Como a Mente Funciona*, o autor diz que pensar é um tipo de computação: “A mente é organizada em módulos ou órgãos mentais, cada qual com um design especializado que faz desse módulo um perito em uma área de interação com o mundo” (Pinker, 1998, p. 32). Conforme Okamoto (2002), a ideia de realidade ocorre com a influência dos sentimentos e emoções na formação do princípio das ações humanas pois, o foco da atividade mental está nas emoções. Os diferentes estímulos que os espaços fornecem estimulam nossos receptores e, então, sentimos o ambiente (consciente e inconscientemente), formando nosso contexto ambiental (Okamoto, 2002).

### *Psicologia e percepção ambiental*

A psicologia, ao investigar a compreensão de significados, assume como objeto de estudo o comportamento humano sob a ação do ambiente e o ambiente perante a ação do comportamento humano (Felippe, 2010). A psicologia ambiental (PA) estuda a inter-relação pessoa-ambiente, considerando os comportamentos associados ao contexto físico e social do homem. Seu caráter multidisciplinar não implica em um consenso lógico quanto à sua definição (Heimstra; McFarling, 1978). A disciplina aborda os efeitos das condições do ambiente sobre os comportamentos individuais, considerando fatores físicos e sociais, associados à percepção e suas interações, o que a leva a ser considerada, para Günther *et al.* (2006), como a Psicologia do Espaço.

O comportamento humano segue relação funcional com os atributos do ambiente físico (Heimstra; McFarling, 1978). Para os autores, a relação pessoa-ambiente relaciona reações afetivas, atitudinais, de aproximação ou afastamento diante de características ambientais e adaptação às qualidades ambientais. Percepção é o conjunto de processos pelos quais reconhecemos, organizamos e entendemos as sensações provenientes dos estímulos ambientais (Sternberg, 2008). Ao estudar a relação do comportamento das pessoas no processo de percepção, Luria (1979) considera que o processo perceptivo resulta da atuação de vários sentidos. Para ele, percepção do espaço e percepção do objeto são distintas à medida que estamos envolvidos pelo espaço.

A capacidade de perceber, interpretar, aprender e compreender o ambiente é também conhecida como cognição ambiental. Moore e Golledge (1976) definem cognição ambiental como “conhecimento, imagens, informação, impressões e crenças que os indivíduos e grupos têm sobre os aspectos elementares, estruturais, funcionais e simbólicos dos ambientes físicos, reais ou imaginários, sociais, culturais, econômicos e políticos”. Higuchi *et al.* (2011) explicam o termo pela tentativa de responder às questões de processos de seleção, retirada e incorporação das informações do ambiente. O ambiente é uma organização cognitiva de imagens mentais onde as expectativas de cada indivíduo, e as distorções perceptuais, implicam na relação de cada um no ambiente (Ittelson *et al.*, 2005/1974). Processos adaptativos ambientais têm associação direta com os aspectos do ambiente físico, com as competências comportamentais individuais e com a percepção de bem-estar dos indivíduos (Higuchi *et al.*, 2019).

O início deste século XXI foi marcado por novos caminhos e buscas nas pesquisas do campo do design. O “projeto ergonômico afetivo” foi apresentado sob uma nova perspectiva na área dos fatores humanos, como paradigma marcando as questões da ergonomia relacionadas ao usuário (Mont’Alvão, 2012). O ambiente construído constitui-se como um meio para o processamento das experiências, associadas aos canais sensoriais e a aspectos culturais, estabelecendo relações afetivas com os espaços com os quais o usuário interage (Tuan, 1983). Em sua classificação de valores subjetivos e objetivos, Okamoto (2002) destaca uma lista (Quadro 1) de qualidades opostas utilizadas no processo de criação da arquitetura, causando a tensão necessária para chamar atenção e provocar emoções. Elementos objetivos e subjetivos bipolares dessa lista representam o equilíbrio que mantém a emoção da tensão resultante.

**Quadro 1** Características opostas

Objetivos	Subjetivos em geral
Forma	Conteúdo
Textura	Padrão
Escala	Proporção
Cor	Psicodinâmica da cor
Estático	Dinâmica
Som	Silêncio
Odor	Ausência de odor (ou anosmia)
Ritmo	Arritmia
Cheio	Vazio
Positivo	Negativo

Fonte: Okamoto (2002, p. 205).

A organização dos elementos que compõem um ambiente influencia a preferência dos indivíduos que buscam tanto necessidades imediatas, quanto futuras (Kaplan, 1988). Entre os inúmeros estudos desenvolvidos por Stephen e Rachel Kaplan na área da psicologia ambiental, destaca-se a estética da paisagem, e as questões identificadas como preferências estéticas do ser humano. Para Kaplan (1988), o homem, além de reconhecer ambientes que funcionem bem, também desenvolve preferências por eles. Onde, preferir é o resultado do processo de percepção de coisas e espaços, e sua readequação funcional. Kaplan investigou, então, o propósito das pessoas na relação pessoa-ambiente, e encontrou no objetivo dos indivíduos os conceitos de “fazer sentido” e “envolvimento” para essa relação (Kaplan, 1988). Em que “fazer sentido” tem a ideia de compreender o espaço, entender o que está acontecendo no imediato, incluindo qualquer coisa que ajude a ler o ambiente e a caracterizá-lo para si mesmo. Já o “envolvimento” visa descobrir e aprender o ambiente, ao ser estimulado e desafiado por ele, logo, rejeitando as obviedades.

Em seus estudos, Kaplan (1988) elaborou uma matriz de preferência estética ambiental (Quadro 2) associando quatro termos ao modo como as pessoas coletam informações do ambiente visual (e o presente trabalho utiliza duas delas como fundamento). Para o nível de interpretação relacionado, o padrão bidimensional é o arranjo visual visto como uma imagem plana, e o padrão tridimensional é quando o espaço tem desdobramentos para o sujeito. O autor categoriza complexidade e legibilidade (conceitos adotados como referência neste estudo) da seguinte forma: complexidade – análogo à diversidade, refere-se à quantidade de informação em uma cena, o quanto se tem para olhar; legibilidade – um ambiente legível apresenta facilidade de navegação por ele, denotando segurança e clareza dos elementos, e permitindo agrupamento desses elementos que simplificam o local. Complexidade é associada ao conceito de “envolvimento” e legibilidade está relacionada à ideia de “fazer sentido”.

Quadro 2 Matriz de Preferência

Nível de interpretação	Fazer sentido	Envolvimento
ARRANJO VISUAL – 2D	COERÊNCIA	COMPLEXIDADE
ESPAÇO TRIDIMENSIONAL – 3D	LEGIBILIDADE	MISTÉRIO

Fonte: Adaptado de Kaplan (1988).

Os autores explicam, dessa forma, que a reação do homem aos estímulos visuais existentes em um ambiente resulta dessas informações nele contidas. Para Berlyne (1972), a variedade de uma cena, que a torna mais complexa, é a representação de maior preferência estética e seu grau de variação influencia o nível de excitação do indivíduo. Por outro lado, Kaplan (1988) indica a existência de um equilíbrio dos

componentes que caracterizam um ambiente, uma vez que é necessário um mínimo de coerência e complexidade para atrair o observador, mas estes componentes em excesso tão pouco revelariam alta preferência.

A psicologia ambiental e o design afetivo se interligam na condizente preocupação com as questões psicológicas do ser humano, e seu envolvimento com o mundo físico que o circunda. A ideia do projeto centrado no usuário, em considerar suas características sensoriais e cognitivas, mistura-se à concepção da ergonomia e hedonomia em otimizar a interação do homem com o mundo que o cerca (Mont'Alvão, 2012). Mudanças de paradigmas dos novos tempos introduziram um novo questionamento a respeito de como o usuário avalia um sistema/produto. E, por conseguinte, surgiu também a dúvida sobre como mensurar o design afetivo (Mont'Alvão, 2012). Tais concepções serviram de estímulo a esta pesquisa, de como investigar o estado afetivo do homem no ambiente interno construído. Tangenciando a neurociência, assim, na ideia de que o pensamento, por exemplo, da interpretação de novos espaços, pode ser entendido como o funcionamento de conexões neuronais (associativas) em decorrência de percepções anteriores (memória), junto de novas informações.

### *Fundamentos da neurociência*

Percepção, no campo da neurociência, refere-se à capacidade do ser humano de associar as informações sensoriais à memória e à cognição, formando conceitos sobre o mundo, e sobre o homem, e orientando nosso comportamento (Lent, 2010). O ambiente construído, por seus atributos físicos e psíquicos, transmite sensações aos usuários (consciente e inconsciente) pelos diversos estímulos ao que o ser humano é exposto. Uma sensação é uma experiência sensorial que sentimos quando algum estímulo é enviado ao sistema nervoso central (SNC). O SNC é formado pelo cérebro e pela medula espinhal, e junto com o Sistema Nervoso Periférico (SNP) formam o Sistema Nervoso (SN), (Bear *et al.*, 2017; Clark *et al.*, 2010).

O reconhecimento de estímulos externos pelos sentidos básicos de visão, audição, olfato, paladar e tato, compõem os fundamentos da percepção ambiental. Os sentidos, integrando o sistema sensorial, são responsáveis por enviar as informações obtidas para o SNC, sob a forma de impulsos elétricos. O SNC, por sua vez, é responsável por analisar e processar as informações recebidas, por intermédio de complexos circuitos de redes interconectadas de neurônios. A verdadeira unidade funcional do sistema nervoso é composta por uma população de neurônios, que formam a rede neuronal (Nicolelis, 2011). Os neurônios são entidades distintas, que se comunicam por sinais químicos e elétricos (Bear *et al.*, 2017), formando uma complexa rede de intercomunicação de células que interagem entre si, e, quando um dos neurônios é ativado, uma troca de moléculas ocorre entre as paredes das células

(que separam o interior e o exterior do neurônio) produzindo carga elétrica (Mason *et al.*, 2009). É por meio das redes neuronais que o cérebro humano desempenha sua principal função: uma variedade de comportamentos especializados que coletivamente nos referimos como “a natureza humana” (Nicolelis, 2011).

A localização da função, foco nos estudos sobre o cérebro, refere-se às áreas específicas do cérebro responsáveis pelo controle de habilidades e de comportamentos específicos (Sternberg, 2008). De acordo com Kandel *et al.*, (2014), a fragmentação do comportamento em composições-chaves serve para identificar as regiões encefálicas (responsáveis por cada um desses componentes) e analisar as conexões neurais entre essas regiões, para que, então, compreenda-se o controle neural de qualquer comportamento. O SNC é basicamente formado por encéfalo (composto por cérebro, cerebelo e o tronco encefálico) e medula espinhal. O cérebro (dividido em hemisférios direito e esquerdo) controla as sensações e órgãos receptores dos estímulos sensoriais. O hemisfério cerebral direito recebe sensações e controla o movimento do lado esquerdo do corpo, enquanto o hemisfério cerebral esquerdo está envolvido com as sensações e os movimentos do lado direito do corpo, de maneira geral (Bear *et al.*, 2017). O cérebro é, também, composto por uma camada mais externa denominada córtex cerebral, que é a sede das funções cognitivas. O córtex cerebral é dividido nos lobos frontal, parietal, occipital e temporal, cada um responsável por funções específicas. O lobo frontal é responsável por elaboração de ações e movimento, e das interações afetivas e emocionais.

### Neurofisiologia

Neurofisiologia é o campo de estudo da neurociência relacionada às áreas do sistema nervoso. Técnicas de neurofisiologia comportamental são registros da atividade celular no encéfalo de animais acordados e ativos (Bear *et al.*, 2017). Um exemplo de atividade fisiológica é a produzida por neurônios na região do neocórtex. A atividade cerebral pode ser associada a processos emocionais perceptivos, experienciais e expressivos (Demaree *et al.*, 2005). O cérebro constitui fonte primária de respostas afetivas por estar processando os próprios estímulos, memórias ou pensamentos, segundo teorias cognitivas das emoções. Os sinais cerebrais possibilitariam uma comunicação mais direta de estados emocionais, sendo sensíveis a sutis emoções e, assim, as primeiras respostas neuronais de discriminação de estímulos emocionais já poderiam ser observadas em dezenas de milissegundos (Aftanas *et al.*, 2002; Keil *et al.*, 2001).

O eletroencefalograma é uma técnica que realiza a medida das flutuações de tensão resultantes da corrente iônica dentro dos neurônios do cérebro, possibilitando a visualização da atividade generalizada do córtex cerebral. O registro de um EEG



é realizado por método não invasivo e indolor. Mediante eletrodos (e fios condutores), pequenas flutuações de voltagem são medidas entre pares de eletrodos selecionados (Dos Santos, 2021). Uma seleção apropriada de pares de eletrodos examina diferentes regiões do encéfalo (Bear *et al.*, 2017). Algumas dessas frequências foram encontradas como reflexo ao estado do cérebro humano diante do meio ambiente e de diversas atividades (Pfurtscheller; Lopes da Silva, 1999; Pfurtscheller; Neuper, 2001). Essa interface cérebro-computador (*brain-computer interface* – BCI) conecta o cérebro humano a computadores ou dispositivos, gerando a interação entre esses sistemas, e ampliando os cenários dos estudos neurocientíficos.

As ondas (ou ritmos) cerebrais, que o EEG identifica, são caracterizadas por frequência (ciclos por segundo = Hz), e por amplitude (milionésimo de volt ou  $\mu V$ ). As atividades cerebrais geralmente ocorrem com mudanças na frequência do EEG. As ondas cerebrais foram classificadas em bandas de diferentes frequências, conhecidas como: delta (0,5 a 3,5 Hz): presentes durante o estado profundo de sono em pessoas normais; teta (4 a 7 Hz): é o ritmo menos observado em adultos; alfa (8 a 13 Hz): está relacionada aos estados de relaxamento, e com o aumento de foco da pessoa, as ondas alfa tendem a diminuir sua amplitude; beta (14 a 30 Hz): associada ao engajamento mental, tendo o aumento de sua amplitude com a elevação de foco da pessoa; e gama ( $> 30$  Hz): está ligada aos estágios da mente consciente e inconsciente (Andreassi; Filipovic, 2001). A federação internacional de eletroencefalografia e neurofisiologia clínica recomenda um sistema standard para colocação dos eletrodos, conhecido como o Sistema Internacional 10-20. Esse sistema determina os eletrodos de número ímpar situados no hemisfério esquerdo e os eletrodos de número par no hemisfério direito. A área anatômica é designada por letras, sendo: Fp – fronto-polar; F – frontal; C – central; P – parietal; e O – occipital (de acordo com a divisão do córtex cerebral) (Faria, 2014).

## Materiais e métodos

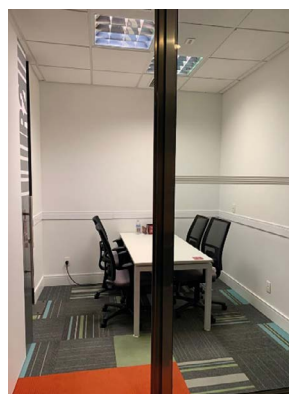
Fontes diversas de evidências fundamentaram os procedimentos metodológicos desta pesquisa, embasadas em procedimentos distintos de coleta de dados, que consolidam as evidências pela convergência de achados (Yin, 2015). Para Villarouco (2011), a avaliação do ambiente de modo técnico-funcional, dissociada dos aspectos cognitivos e sensoriais impressos no usuário por esse ambiente, não é suficiente. Os resultados técnicos e a identificação da percepção do usuário devem ser confrontados com o diagnóstico referente às necessidades do ambiente construído. Assim, como métodos de corroboração da hipótese em estudo, foram utilizadas as técnicas de eletroencefalograma, de parâmetros quantitativos, e aplicado questionário como

parâmetro qualitativo complementar, durante exploração de ambientes de trabalho em um *coworking*.

De acordo com a Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012 CNS/MS/CONEP, a presente pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisas Envolvendo Seres Humanos da Universidade do Estado de Santa Catarina – CEPESH/UEDESC, e aprovada sob o Certificado de Apresentação para Apreciação Ética/CAAE de número 52329321.5.0000.0118. O experimento foi realizado nas instalações do *coworking* Impact Hub Floripa Primavera, situado à Associação Catarinense de Empresas de Tecnologia (ACATE), bairro Saco Grande, Florianópolis-SC. A empresa foi contatada ao início do estudo para verificação de disponibilidade e interesse na avaliação em suas instalações e se mostrou receptiva em colaborar com o trabalho, confirmando com a assinatura da declaração de Ciência e Concordância das Instituições Envolvidas.



(a)



(b)

Figura 1(a) Sala 1.

Figura 1(b) Sala 2.

Fonte: Acervo da autora.

Os ambientes selecionados foram o espaço de estações de trabalho compartilhadas e uma sala de reunião, denominados “sala 1” (Figura 1(a)) e “sala 2” (Figura 1(b)). As duas salas definidas diferem bastante entre si em ambiência e funcionalidade, porque, testes pilotos foram realizados, sob os mesmos protocolos, e ambientes pouco distintos não sugeriram significância dos resultados. A definição de tais ambientes seguiu os conceitos apresentados na fundamentação teórica. Foram considerados para categorização estética ambiental o arranjo visual de complexidade, que se refere à quantidade e diversidade de informação na cena. Como nível de interpretação do espaço tridimensional, segue o conceito de legibilidade, cuja ideia é de segurança e clareza dos seus elementos, facilitando a leitura do lugar. Ambos como fazendo sentido ao envolvimento do usuário com o ambiente de escritório de

*coworking*. Classificando assim, a sala 1 como mais complexa e menos legível, e a sala 2 em menos complexa e mais legível.

A amostra teve 12 integrantes inicialmente, mas, por inconsistência nos dados do EEG, quatro experimentos tiveram que ser descartados. A composição final foi de 8 participantes, 5 do sexo feminino e 3 do sexo masculino, com faixa etária entre 23 e 45 anos, selecionados aleatoriamente entre indivíduos capazes de realizar atividades laborais em ambientes de *coworking*. A homogeneidade da amostra foi encontrada no fato de que não houve diferenças significativas entre os participantes em relação à idade, escolaridade, etnia e sintomas autorrelatados de depressão.

Para a técnica de avaliação neurofisiológica, por eletroencefalografia, foi utilizado o equipamento *OpenBCI Cyton + Daisy*, composto por uma placa de circuitos de comunicação sem fio, com estrutura feita em impressão 3D e 8 eletrodos (Figura 2), pertencente ao Laboratório de Interfaces e Interações em Tecnologia Assistiva (LI2TA), UDESC/SC.



**Figura 2** Modelo de EEG headset de impressão 3D, OpenBCI.

Fonte: [www.openbci.com](http://www.openbci.com) (2021).

Como instrumento de pesquisa qualitativa utilizou-se o questionário de escala *Self-Assessment Manikin* (SAM), que consiste em um teste psicológico que avalia uma experiência subjetiva, de autorrelato, no qual busca-se compreender o comportamento do indivíduo. Em 1980, Lang criou a escala baseada no modelo dimensional *PAD*, de Mehrabian e Russell (1974), que relaciona as respostas em dimensões de: Pleasure – valência; Arousal – intensidade; e Dominance – dominância. O SAM é um instrumento de avaliação pictórica não verbal que mede diretamente valência (prazer), alerta (entendido como excitação ou intensidade) e dominância associados à reação afetiva da pessoa em resposta a um objeto ou evento (Bradley; Lang, 1994). Com esse instrumento os participantes reportaram sua percepção de satisfação em relação ao ambiente interno construído, logo após terem experienciado cada ambiente. A escala foi adaptada no presente estudo utilizando apenas as escalas de valência da emoção e a intensidade, excitação da mesma, por apresentarem relação mais direta

com os estímulos sentimentais provenientes do ambiente. Foi disponibilizada a versão física do questionário ao participante.

### *Protocolo do experimento*

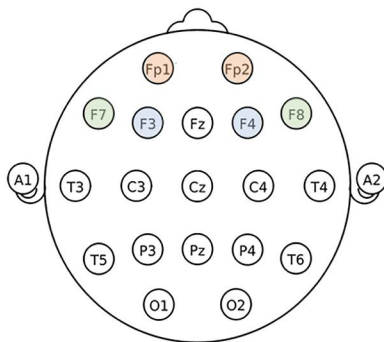
O experimento inicia-se com a validação dos participantes a todas as etapas do protocolo, bem como da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), no qual estão informadas e esclarecidas as medidas de liberdade de participação e detalhado o procedimento. A prática do experimento se desenvolveu da seguinte forma: o participante foi conectado ao equipamento EEG, dispondo de tempo para ajustes e adaptação ao equipamento. Na sequência, o participante sentou-se em uma cadeira giratória, em meio ao ambiente de teste, e a pesquisadora girou a cadeira, a cada 90°, para que o participante explorasse visualmente cada vista do ambiente à sua frente. No primeiro minuto, o participante permaneceu de olhos fechados (como baseline de regularização fisiológica do organismo), depois seguindo 1 min de exploração visual para cada uma das quatro vistas da sala, totalizando 5 min de experimento. Os dados de EEG foram registrados para os 5 min totais. Logo, foi retirado o equipamento para seguir com a autoaplicação do questionário SAM. Em seguida, repetiu-se os mesmos passos no segundo ambiente. O tempo de envolvimento do participante com o experimento foi, em média, de 45 min.

### *Resultados*

Os resultados seguem apresentados de acordo com cada instrumento adotado como protocolo desse trabalho.

### *Avaliação neurofisiológica – EEG*

A análise dos dados foi realizada fazendo uso dos *softwares* Matlab®, EEGLab e Microsoft Office Excel (para dados brutos e organização dos dados), e o pacote estatístico SPSS/IBM, para a avaliação estatística. As frequências definidas para análise, de acordo com estudos existentes sobre avaliação emocional, foram a banda alfa (8 a 13 Hz), conforme Hagemann *et al.* (2002), Choi *et al.* (2016) e Rahman e Oyama (2018), e a banda Beta (14 a 30 Hz), de acordo com Gregor *et al.* (2014), Moore *et al.* (2016) e Hofman e Schutter (2012). Essas frequências receberam filtro de rejeição automática de artefatos contínuos no EEGLab. Os eletrodos utilizados para as medidas de EEG foram os dos pontos Fp1, Fp2, F3, F4, F7 e F8, ajustados pelo sistema internacional 10-20 (Cacioppo *et al.*, 2007) (Figura 3), que seguiram as evidências de trabalhos anteriores sobre emoções (Hagemann *et al.*, 2002; Gregor *et al.*, 2014; Choi *et al.*, 2016; Moore *et al.*, 2016; Rahman; Oyama, 2018).



**Figura 3** Posição dos eletrodos utilizados, em vista de topo, no sistema 10-20.

Fonte: Adaptado de Maskeliunas *et al.* (2016).

Respostas emocionais do indivíduo podem ser avaliadas pela assimetria do EEG entre os dois hemisférios, do córtex frontal, como prediz a teoria da valência. Segundo essa teoria, as emoções positivas são processadas no córtex frontal esquerdo, e as emoções negativas processadas no córtex frontal direito (Apicella *et al.*, 2021; Reuderink *et al.*, 2013; Davidson, 2004; Hofman; Schutter, 2012). Para Reuderink *et al.* (2013), a assimetria alfa frontal é o correlato de valência mais encontrado nos estudos. Esse é um padrão que foi demonstrado por diversos protocolos (Coan; Allen, 2004; Davidson, 1992; Huster *et al.*, 2009; Schmidt; Trainor, 2001). Outros estudos, entretanto, diversificaram suas investigações relacionando a assimetria bilateral com a banda de frequência beta (Gregor *et al.*, 2014; Moore *et al.*, 2016; Hofman; Schutter, 2012). A assimetria no córtex cerebral também foi explorada em relação à dimensão de intensidade (excitação) da emoção (Zhang *et al.*, 2018; Petrantonakis; Hadjileontiadis, 2011; Kirke; Miranda, 2011). As abordagens e algoritmos utilizados nos estudos com a eletroencefalografia se diversificam cada vez mais em função das crescentes pesquisas e inovações no campo das neurociências.

Com base em Rodríguez (2015), o presente estudo definiu como cálculo a densidade espectral (potência absoluta) dos eletrodos Fp1, Fp2, F3, F4, F7 e F8 para cada participante, nos dois ambientes experimentados (Tabelas 1 e 2). A densidade espectral é a distribuição da potência de um sinal em relação à frequência (Unde; Shriram, 2014). A valência emocional pode ser analisada baseada na densidade espectral da região frontal do cérebro uma vez que, o hemisfério direito é dominante (em relação à amplitude do sinal) para emoções negativas e o hemisfério esquerdo apresenta caráter dominante para emoções positivas (Gregor *et al.*, 2014; Apicella *et al.*, 2021). Adotando a assimetria bilateral como parâmetro do EEG, entre os pares de eletrodos Fp1-Fp2, F3-F4 e F7-F8 (Tabelas 1 e 2), subtraiu-se a potência absoluta do eletrodo direito da potência absoluta do respectivo eletrodo esquerdo,

nas bandas alfa e beta. Foram adotadas ambas na intenção de averiguar qual abordagem dos estudos prévios tem mais significância com a presente investigação, acerca das emoções geradas pelo ambiente real.

**Tabela 1** Dados do EEG – Sala 1

Dados			Eletrodos					
Participante		Banda de Frequência	Fp1	Fp2	F3	F4	F7	F8
p1	Potência Absoluta	alfa	856,4891	663,261	261,2865	723,959	547,9822	586,9677
		beta	211,8529	165,0609	97,511	173,9735	139,9239	150,0497
	Assimetria bilateral	alfa	193,2281			-462,672		-38,9856
		beta	46,7921			-76,4625		-10,1258
p2	Potência Absoluta	alfa	87,1334	91,3547	86,8578	85,7364	83,9941	82,1285
		beta	31,5857	30,9097	32,7887	30,7242	31,1761	30,9211
	Assimetria bilateral	alfa	-4,2213			1,1214		1,8656
		beta	0,676			2,0645		0,255
p3	Potência Absoluta	alfa	849,0722	209,9075	73,7606	70,3145	198,3113	199,0036
		beta	256,5057	76,8865	34,7168	18,9203	72,7607	73,6293
	Assimetria bilateral	alfa	639,1647			3,4461		-0,6923
		beta	179,6192			15,7965		-0,8686
p4	Potência Absoluta	alfa	61,9668	85,5889	90,2389	17,5071	520,155	124,3564
		beta	12,5663	18,8222	128,7809	8,8485	110,8959	27,6864
	Assimetria bilateral	alfa	-23,6221			72,7318		395,7986
		beta	-6,2559			119,9324		83,2095
p5	Potência Absoluta	alfa	47,087	45,1627	89,3558	79,0215	58,8671	35,5677
		beta	18,1676	15,8877	47,5175	27,7681	16,2347	16,3175
	Assimetria bilateral	alfa	1,9243			10,3343		23,2994
		beta	2,2799			19,7494		-0,0828
p6	Potência Absoluta	alfa	67,687	59,3375	137,1346	48,0498	38,8539	46,6297
		beta	29,6734	32,9222	91,306	42,8681	25,5143	31,6082
	Assimetria bilateral	alfa	8,3495			89,0848		-7,7758
		beta	-3,2488			48,4379		-6,0939
p7	Potência Absoluta	alfa	296,7309	298,8082	306,5501	290,54	323,7676	278,3132
		beta	67,422	68,691	69,2529	67,503	75,2542	65,7503
	Assimetria bilateral	alfa	-2,0773			16,0101		45,4544
		beta	-1,269			1,7499		9,5039
p8	Potência Absoluta	alfa	61,074	78,5649	130,4437	66,6083	49,8913	83,149
		beta	12,5088	16,9691	115,7644	19,6956	14,0161	39,8452
	Assimetria bilateral	alfa	-17,4909			63,8354		-33,2577
		beta	-4,4603			96,0688		-25,8291

Fonte: A autora.

Tabela 2 Dados do EEG – Sala 2

Dados			Eletrodos					
Participante		Banda de Frequência	Fp1	Fp2	F3	F4	F7	F8
p1	Potência Absoluta	alfa	372,6081	374,137	388,735	370,3774	373,2756	359,6592
		beta	83,3446	83,2771	83,9687	82,6777	83,3792	80,8074
	Assimetria bilateral	alfa	-1,5289		18,3576		13,6164	
		beta	0,0675		1,291		2,5718	
p2	Potência Absoluta	alfa	269,4748	282,6342	271,3494	277,0262	258,6159	268,8259
		beta	52,2801	53,1699	50,7023	52,6513	50,683	53,2554
	Assimetria bilateral	alfa	-13,1594		-5,6768		-10,2101	
		beta	-0,8898		-1,949		-2,5724	
p3	Potência Absoluta	alfa	131,2598	61,203	5,06731	34,1142	44,6632	49,4787
		beta	30,4201	24,7047	0,5882	9,0287	22,6793	23,5415
	Assimetria bilateral	alfa	70,0568		-29,0469		-4,8155	
		beta	5,7154		-8,4405		-0,8622	
p4	Potência Absoluta	alfa	60,6092	37,0019	464,9214	11,1081	35,0828	34,2802
		beta	16,4919	15,2816	109,0871	1,1335	12,5128	13,8489
	Assimetria bilateral	alfa	23,6073		453,8133		0,8026	
		beta	1,2102		107,9536		-1,3361	
p5	Potência Absoluta	alfa	54,2421	51,4277	50,7666	236,8307	22,2964	47,098
		beta	25,5203	24,9757	9,9065	53,8076	5,3247	24,4888
	Assimetria bilateral	alfa	2,8144		-186,064		-24,8016	
		beta	0,5446		-43,9011		-19,1641	
p6	Potência Absoluta	alfa	25,4533	15,9017	7,1657	3,8915	5,1522	8,4556
		beta	2,4925	2,0813	2,2836	1,0884	1,4714	1,7108
	Assimetria bilateral	alfa	9,5516		3,2742		-3,3034	
		beta	0,4112		1,1952		-0,2394	
p7	Potência Absoluta	alfa	1937,884	1924,665	1905,679	1924,556	1942,982	1914,701
		beta	396,185	393,2777	390,0028	395,7864	400,0448	393,9833
	Assimetria bilateral	alfa	13,219		-18,877		28,281	
		beta	2,9073		-5,7836		6,0615	
p8	Potência Absoluta	alfa	96,5336	94,7744	86,0188	91,8506	88,4335	92,5265
		beta	24,3934	25,0433	20,6096	24,6414	23,8763	24,0379
	Assimetria bilateral	alfa	1,7592		-5,8318		-4,093	
		beta	-0,6499		-4,0318		-0,1616	

Fonte: Autora.

Seguiu a tabulação dos dados para cada participante a fim de garantir uma melhor compreensão dos resultados obtidos e permitir a reprodução da análise desenvolvida. Os valores referem-se à média ao longo do tempo útil de experimento. Ao total, foram registrados 300 s de experimento completo/ambiente, porém, desconsiderando os períodos de possíveis ruídos, resultou um tempo útil para cálculo de 200 s/ambiente. Assim, o valor médio para os 200 s atende o evento completo de exploração do ambiente, a exemplo de Rodríguez (2015), Reuderink *et al.* (2013) e Catecati (2021). Na seção 4.3, essas medidas quantitativas do EEG foram correlacionadas com o método qualitativo de questionário em escala SAM, por análise estatística.

### Escala SAM

As respostas ao questionário de escala SAM estão apresentadas na Tabela 3, com as respectivas medianas e moda, para cada ambiente, que os participantes atribuíram para os parâmetros de valência e intensidade emocional. A escala varia de 1 a 9, em que 1 se refere à valência mais negativa e intensidade mais fraca, e 9 é uma atribuição de valência mais positiva e intensidade mais forte, de acordo com os *manikins* (Bradley; Lang, 1994). A escala possui um ponto intermediário, 5, de valor neutro. O ambiente chamado “sala 1”, caracterizado por alta complexidade e menor legibilidade, foi o que suscitou, unanimemente, emoção mais positiva (próxima de felicidade/satisfação) e de maior intensidade (relacionada a estímulo). Nessa sala, o valor mais reportado, para ambas as escalas, foi 7, assim como sua mediana. No ambiente “sala 2”, a valência e a intensidade emocional tiveram mediana 4,5. Ou seja, a emoção nesse ambiente ficou abaixo do valor neutro, mais próxima do sentimento de infelicidade/insatisfação, e com intensidade quase neutra, mais para relaxado/sonolento. Os valores estatísticos estão de acordo com as respostas dos participantes, que indicaram a sala 1 como mais agradável e a sala 2 como menos agradável.

Tabela 3 Respostas Escala SAM

Ambiente	Escala	Participante								Estatística	
		p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	mediana	moda
Sala 1	Valência	8	7	7	9	7	6	7	7	7	7
	Intensidade	8	6	7	8	5	7	3	7	7	7
Sala 2	Valência	4	3	7	8	5	3	5	4	4,5	4
	Intensidade	5	2	5	7	3	4	5	2	4,5	5

Fonte: A autora.



## Correlações EEG X Escala SAM

A análise comparativa se deu com base na valência e intensidade emocional, referentes à escala SAM, e os dados de assimetria bilateral do EEG (Tabelas 4 e 5). Por não atenderem aos pressupostos paramétricos, sendo a escala SAM variáveis de postos atribuídos pelos participantes e a amostra composta por um número pequeno de indivíduos, então, a correlação foi desenvolvida pelo teste estatístico de correlação bivariada  $\rho$  de Spearman. A comparação foi realizada entre todos os participantes em cada ambiente uma vez que, o estudo buscou compreender como se comportava essa amostra nos ambientes escolhidos.

Como interpretação da magnitude das correlações foi adotada a seguinte classificação: nula (coeficiente 0); fraca (coeficiente de 0,1 a 0,3); moderada (coeficiente de 0,4 a 0,6); forte (coeficiente de 0,7 a 0,9); perfeita (coeficiente 1,0) (Dancey; Reidy, 2006, p. 186). A Tabela 4 relacionou a dimensão de valência da emoção, obtida pelo questionário SAM com os participantes, e as medidas neurofisiológicas do EEG. Entre a valência e as assimetrias do EEG, na “sala 1”, não houve relação visto que, para todas suas comparações, a probabilidade de significância é maior que 0,05, então o coeficiente de correlação não foi interpretado. Já na “sala 2”, inferiu-se uma correlação forte entre a valência e o par de eletrodos Fp1-Fp2 em alfa, assim como para valência e o par Fp1-Fp2 em beta (em que os valores de significância foram maiores que 0,05).

**Tabela 4** Análise estatística correlacional: escala de valência SAM vs. dados do EEG

Correlação $\rho$ de Spearman						
	assimetria_Alfa			assimetria_Beta		
	Fp1 - Fp2	F3 - F4	F7 - F8	Fp1 - Fp2	F3 - F4	F7 - F8
<b>Valência_Sala 1</b>						
Coeficiente Correlação	-0,3	-0,3	0,218	-0,055	-0,027	0,3
Sig. (unilateral)	0,235	0,235	0,302	0,449	0,474	0,235
N	8	8	8	8	8	8
<b>Valência_Sala 2</b>						
Coeficiente Correlação	0,764*	-0,17	0,133	0,800**	-0,17	-0,109
Sig. (unilateral)	0,014	0,344	0,376	0,009	0,344	0,399
N	8	8	8	8	8	8
*Correlação é significativa ao nível 0,05 (unilateral).						
**Correlação é significativa ao nível 0,01 (unilateral).						

Fonte: A autora.

Na Tabela 5 estão relacionados a dimensão de intensidade da emoção, referente à escala SAM, e os dados de assimetria do EEG. Para o confronto estatístico de dados da “sala 1” também não é possível interpretar o coeficiente de correlação, pois todos os valores de  $p$  são maiores que o nível de significância ( $\alpha = 0,05$ ). No ambiente “sala 2”, a assimetria alfa dos pares Fp1-Fp2 e F7-F8 apontam correlação moderada com a intensidade do SAM, e a assimetria beta do par Fp1-Fp2 indica forte correlação com esta dimensão do SAM.

**Tabela 5** Análise estatística correlacional: escala de intensidade SAM vs. dados do EEG

Correlação $\rho$ de Spearman							
		assimetria_Alfa			assimetria_Beta		
		Fp1 - Fp2	F3 - F4	F7 - F8	Fp1 - Fp2	F3 - F4	F7 - F8
<b>Arousal_Sala 1</b>							
(intensidade)	Coeficiente Correlação	0,025	0,049	-0,381	-0,147	0,282	-0,295
	Sig. (unilateral)	0,477	0,454	0,176	0,364	0,249	0,239
	N	8	8	8	8	8	8
<b>Arousal_Sala 2</b>							
(intensidade)	Coeficiente Correlação	0,687*	0,356	0,638*	0,724*	0,356	0,27
	Sig. (unilateral)	0,03	0,193	0,044	0,021	0,193	0,259
	N	8	8	8	8	8	8
*Correlação é significativa ao nível 0,05 (unilateral).							
**Correlação é significativa ao nível 0,01 (unilateral).							

Fonte: Autora.

## Discussão

A partir da correlação analisada (em 4.3) entre as variáveis referentes à escala SAM e as variáveis de medidas neurofisiológicas do EEG, observou-se que os eletrodos dos pares Fp1-Fp2 foram os que mais apresentaram relação com as respostas atribuídas pelos participantes. A utilização desses pontos do EEG corrobora a adoção de tais eletrodos nos estudos de Hagemann *et al.* (2002), Gregor *et al.* (2014), Choi *et al.* (2016), Moore *et al.* (2016) e Rahman e Oyama (2018). Com base nas evidências apresentadas, é possível dizer que o par de eletrodos Fp1-Fp2 indicou maior relevância (relativa à escala SAM) quanto à avaliação emocional de usuários no ambiente interno construído.

Quanto às bandas de frequências adotadas no presente estudo não é possível inferir maior relevância para nenhuma delas já que, das cinco correlações obtidas, três ocorrências se deram na banda alfa e duas na banda beta. Todavia, não se pode descartar a utilização das duas bandas pelo viés desses dois métodos complementares. Ao contrário, demonstrou-se pertinente trabalhar com um intervalo maior das frequências de medidas neurofisiológicas.

Percebe-se, ainda, que a correlação entre escala SAM e EEG só aconteceu para o ambiente “sala 2”, que é a sala de reunião caracterizada como menos complexa e mais legível. É possível sugerir, mas não concluir, que o ambiente com menos interferências tenha sido mais propício para as medidas da atividade elétrica cerebral da eletroencefalografia. Esse é um fator desafiador nas investigações do ambiente construído, quando da realização em momento real e presente, de poder aferir medidas no ambiente como ele é. E denota a necessidade de aprofundamento no uso dessa técnica neurocientífica nos estudos da ergonomia do ambiente construído.

O número de integrantes na amostra do presente estudo é pequeno, assim, as inferências estatísticas ficam prejudicadas. Para aumentar a relevância do estudo seria necessário um número consideravelmente maior de participantes, consolidando essa amostra. Esse foi um desafio grande da investigação pois, além de os experimentos terem ocorridos durante o período de pandemia mundial por Covid-19, a participação dos indivíduos em estudos científicos ainda é muito irrisória. Muitas pesquisas desenvolvidas fora do país registram a adesão de suas amostras em função da existência de benefício direto ao integrante, diferentemente deste trabalho.

## Considerações finais

As lacunas no conhecimento sobre o objeto de estudo, o espaço construído e o impacto no ser humano, compõem a expectativa da pesquisa em contribuir para as evidências existentes sobre o assunto. Investigações iniciais, acerca dos ambientes construídos, foram baseadas em construções filosóficas e observações de padrões comportamentais para relacionar as respostas humanas ao ambiente investigado. Embora tais abordagens forneçam evidências descritivas, ainda são muito distantes para atestar como o ambiente construído impacta no ser humano. Mesmo com todo o avanço tecnológico, ainda há muito para se desvendar sobre os processos de interação pessoa-ambiente. Entretanto, o presente artigo apresenta resultados significativos, e se revela como uma referência à possibilidade de aliar a neurociência ao design e arquitetura, indicando a necessidade de esforços nesse sentido, a fim de viabilizarmos números mais relevantes nas amostras, que permitam a inferência de achados ainda mais consistentes.

## Agradecimentos

Trabalho realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## REFERÊNCIAS

- AFTANAS, L. I.; VARLAMOV, A. A.; PAVLOV, S. V.; MAKHNEV, V. P.; REVA, N. V. Time-dependent cortical asymmetries induced by emotional arousal: EEG analysis of event-related synchronization and desynchronization in individually defined frequency bands. *International Journal of Psychophysiology*, vol. 44.1, p. 67-82, 2002. Doi.org/10.1016/S0167-8760(01)00194-5. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167876001001945?casa\\_token=oRv7wX32jusAAAAA:ztdJoUzRNPjaPok3T38mfSsAOCfzX2024me-xTbAUpnRSJT4vo23pDQbAGEUCT2xpVyDPOq76f6w](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167876001001945?casa_token=oRv7wX32jusAAAAA:ztdJoUzRNPjaPok3T38mfSsAOCfzX2024me-xTbAUpnRSJT4vo23pDQbAGEUCT2xpVyDPOq76f6w). Acesso em: 29 mar. 2022.
- ANDREASSI, J. L.; FILIPOVIC, S. R. *Psychophysiology: Human Behavior and Physiological Response*. Londres: Lawrence Erlbaum Associates, 2001.
- APICELLA, A.; ARPAIA, P.; MASTRATI, G.; MOCCALDI, N. EEG-based detection of emotional valence towards a reproducible measurement of emotions. *Scientific Reports* 11, n. 21615, 2021. Doi: 10.1038/s41598-021-00812-7. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-00812-7#citeas>. Acesso em: 25 fev. 2022.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Tradução Luís Antero Reto, Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. *Neurociências: desvendando o sistema nervoso*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 974 p.
- BERLYNE, D. E. Ends and means of experimental aesthetics. *Canadian Journal of Psychology/Revue canadienne de psychologie*, 26 (4), p. 303-325, 1972. <https://doi.org/10.1037/h0082439>
- BRADLEY, M. M.; LANG, P. J. (1994). Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25, 49-59.
- CACIOPPO, J. T.; TASSINARY, L. G.; BERNTSON, G. G. *Handbook of psychophysiology*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- CATECATI, T. *Avaliação da satisfação do usuário em testes de usabilidade com base em equipamentos de eletroencefalografia e atividade eletrotérmica de baixo custo*. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis, 2021.
- CHOI, D.; SEKIYA, T.; MINOTE, N.; WATANUKI, S. Relative left frontal activity in reappraisal and suppression of negative emotion: Evidence from frontal alpha asymmetry (FAA). *International Journal of Psychophysiology*, v. 109, p. 37-44, 2016.
- CLARK, D. J.; N. N. BOUTROS, N. N.; MENDEZ, F. *The Brain and Behavior: An Introduction to Behavioral Neuroanatomy*, 3rd edn. Cambridge University Press: Cambridge, 2010.

- COAN, J. A.; ALLEN, J. J. Frontal EEG asymmetry as a moderator and mediator of emotion. *Biological Psychology* 67, 7-50, 2004. Doi: 10.1016/j.biopsycho.2004.03.002. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301051104000316?casa\\_token=-Fy6OLDNnY-QAAAAA:krNbnzocdH-fCm1cAz1DILfVcLQ5tW4Hsz4neQwBfzgiXCuzxa-vhP0apgtR5JVkp35Q8LhZW\\_Mw](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301051104000316?casa_token=-Fy6OLDNnY-QAAAAA:krNbnzocdH-fCm1cAz1DILfVcLQ5tW4Hsz4neQwBfzgiXCuzxa-vhP0apgtR5JVkp35Q8LhZW_Mw). Acesso em: 16 fev. 22.
- DANCEY, C.; REIDY, J. *Estatística sem matemática para psicologia*. 3. ed. Porto Alegre: Art-med, 2006.
- DAVIDSON, R. J. Anterior cerebral asymmetry and the nature of emotion. *Brain and Cognition*, v. 20, n. 1, p. 125-151, 1992. doi.org/10.1016/0278-2626(92)90065-T. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/027826269290065T>. Acesso em: 30 abr. 2022.
- DAVIDSON, R. J. What does the prefrontal cortex “do” in affect: perspectives on frontal eeg asymmetry research. *Biological Psychology*, 67, 219-233, 2004. Doi: 10.1016/j.biopsycho.2004.03.008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301051104000389?via%3Dihub>. Acesso em: 25 mar. 2022.
- DEMAREE, H. A.; ROBINSON, J. L.; EVERHART, D. E.; YOUNGSTROM, E. A. Behavioral Inhibition System (Bis) Strength and trait dominance are associated with affective response and perspective taking when viewing dyadic interactions, *International Journal of Neuroscience*, 115:11, 1579-1593, 2005. Doi: 10.1080/00207450590958015. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/action/showCitFormats?doi=10.1080%2F00207450590958015>. Acesso em: 10 jan. 2022.
- DOS SANTOS, M. S.; N. V. DOS SANTOS, F. A. (2021). Neuroergonomia do ambiente construído – Como a avaliação psicofisiológica pode contribuir. *Ergodesign & HCI, [s.l.]*, v. 9, n. 2, p. 124-140, dec. 2021. ISSN 2317-8876. Disponível em: <http://periodicos.puc-rio.br/index.php/revistaergodesign-hci/article/view/1604>. Acesso em: 15 jan. 2022. doi: <http://dx.doi.org/10.22570/ergodesignhci.v9i2.1604>. FARIA, T. J. F. S. *Interfaces Cérebro-Computador Utilização do Emotiv EPOC para controlar software lúdico*. Dissertação de mestrado – Instituto Superior de Engenharia do Porto. Porto, 2014.
- FIALHO, F. A. P. *Ciências da Cognição*. Florianópolis: Insular, 264 p., 2001.
- FELIPPE, M. L. *Contribuições do ambiente físico e psicossocial da escola para o cuidado com a edificação*. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.
- GREGOR, S.; LIN, A.; GEDEON, T.; RIAZ, A.; ZHU, D. Neuroscience and a nomological network for the understanding and assessment of emotions in information systems research. *Journal of Management Information Systems*, v. 30, n. 4, p. 13-48, 2014.
- GÜNTHER, H.; ELALI, G. A.; PINHEIRO, J. Q. (2008). A Abordagem Multimétodos em Estudos Pessoa-Ambiente: Características, Definições e Implicações. In: PINHEIRO, J.

- Q.; GÜNTHER, H. (orgs.). *Métodos de pesquisa nos estudos pessoa-ambiente*. São Paulo: Casa do Psicólogo, p. 369-396.
- GÜNTHER, H.; PINHEIRO, J. Q.; GUZZO, R. S. L. Psicologia Ambiental: área emergente ou referencial para um futuro sustentável? In: GÜNTHER, H.; PINHEIRO, J. de Q.; GUZZO, R. de S. L. (orgs.). *Psicologia Ambiental: entendendo as relações do homem com seu ambiente*. Campinas, SP: Ed. Alínea, p. 7-14, 2006.
- HAGEMANN, D.; NAUMANN, E.; THAYER, J. F., BARTUSSEK, D. Does resting electroencephalograph asymmetry reflect a trait? An application of latent state-trait theory. *Journal of personality and social psychology*, v. 82, n. 4, 619 p., 2002.
- HEIMSTRA, N. W.; MCFARLING, L. H. *Psicologia ambiental*. Tradução de Manoel Antônio Schmidt. São Paulo: EPU: Ed. da Universidade de São Paulo, 218 p., 1978.
- HIGUCHI, M. I. G.; KUHNEN, A.; BOMFIM, Z. A. C. Capítulo 9: Cognição Ambiental. In: CAVALCANTE, S.; ELALI, G. A. (orgs.). *Temas em Psicologia Ambiental* (p. 105-121). Petrópolis: Editora Vozes, 2011.
- HIGUCHI, M. I. G.; KUHNEN, A.; PATO, C. *Psicologia Ambiental em Contextos Urbanos*. Florianópolis: Edições do bosque/CFH/UFSC, 2019.
- HOFMAN, D.; SCHUTTER, D. J. Asymmetrical frontal resting-state beta oscillations predict trait aggressive tendencies and behavioral inhibition. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 7, 850-857, 2012. Doi: 10.1093/scan/nsr060. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3475360/>. Acesso em: 15 mar. 22.
- HUSTER, R. J.; STEVENS, S.; GERLACH, A. L.; RIST, F. A spectralanalytic approach to emotional responses evoked through picture presentation. *International Journal of Psychophysiology*, v. 72, Issue 2, 212-216, 2009. Doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2008.12.009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167876008008544>. Acesso em: 30 abr. 22.
- ITTELSON, W.; PROSHANSKY, H.; RIVLIN, L.; WINKEL, G. *An Introduction to Environmental Psychology*. Nova York: Holt, Rinehart & Winston, 1974.
- KAPLAN, S. Perception and landscape: conceptions and misconceptions. In: NASAR, Jack L. (ed.) *Environmental aesthetics: theory, research and applications*. New York: Cambridge University Press, p. 45-55, 1988.
- KEIL, A.; MÜLLER, M. M.; GRUBER, T.; WIENBRUCH, C.; STOLAROVA, M.; ELBERT, T. Effects of emotional arousal in the cerebral hemispheres: a study of oscillatory brain activity and event-related potentials. *Clinical Neurophysiology*, vol. 112, p. 2057-2068, 2001. Doi.org/10.1016/S1388-2457(01)00654-X. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S138824570100654X?casa\\_token=F8nl0oZjm3YAAAAA:UdqRNp2b-JuQLUXZpu8GdbtZD3\\_RV5zT9vvnMBye63kXLNZspmy32QncONlqDU0Ej7X2ean9kr-rA](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S138824570100654X?casa_token=F8nl0oZjm3YAAAAA:UdqRNp2b-JuQLUXZpu8GdbtZD3_RV5zT9vvnMBye63kXLNZspmy32QncONlqDU0Ej7X2ean9kr-rA). Acesso em: 23 mar. 2022.

- KIRKE, A.; MIRANDA, E. R. Combining EEG frontal asymmetry studies with affective algorithmic composition and expressive performance models. *Proceedings of 37th International computer Music Conference (ICMC)*, p. 1-4, 2011. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.300.8869&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 04 maio 22.
- LENT, R. *Cem bilhões de neurônios? Conceitos Fundamentais de Neurociência*. 2. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 786 p., 2010.
- LURIA, A. R. (1979). *Curso de psicologia geral*, Vol. II: sensações e percepções (P. Bezerra, Trad.). Rio de Janeiro: Civilização Brasileira. (Original publicado em 1975).
- LURIA, A. R. (1992). *A construção da mente* (M. B. Cipolla, Trad.; M. Cole & K. Levitin, Org.s). São Paulo: Ícone. (Original publicado em 1979).
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. (2007). *Metodologia científica*. 5. ed. São Paulo: Atlas.
- MASKELIUNAS, R.; DAMASEVICIUS, R.; MARTISIUS, I.; VASILJEVAS, M. *Consumer-grade EEG devices: Are they usable for control tasks?* PeerJ4:e1746, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.7717/peerj.1746>. Acesso em: 01 maio 2022.
- MASON, A. B. *et al.* A loop in the N-lobe of human serum transferrin is critical for binding to the transferrin receptor as revealed by mutagenesis, isothermal titration calorimetry, and epitope mapping. *Journal of Molecular Recognition: An Interdisciplinary Journal*, v. 22, n. 6, p. 521-529, 2009. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jmr.979>. Acesso em: 01 fev. 2022.
- MEHRABIAN, A., RUSSEL, J. A. *An approach to environmental psychology*. Cambridge, M.A. MIT Press, 1974.
- MEYER, P. *O olho e o cérebro: biofilosofia da percepção visual*. São Paulo: UNESP, 2002.
- MONT'ALVÃO, C. Hedonomia, Ergonomia afetiva: Afinal, do que estamos falando? MONT'ALVÃO, C.; DAMAZIO, V. (orgs.) *et alii. In: Design, ergonomia e emoção*. 3. ed. Rio de Janeiro: Mauad X: FAPERJ, p. 19-30, 2012.
- MOORE, G. T.; GOLLEDGE, R. G. *Environmental knowing: Theories, research and methods*. Dowden, 1976. Disponível em: <https://psycnet.apa.org/record/1979-04999-000>. Acesso em: 16 fev. 2021.
- MOORE, R. D.; SAUVE, W.; ELLEMBERG, D. Neurophysiological correlates of persistent psycho-affective alterations in athletes with a history of concussion. *Brain imaging and behavior*, v. 10, n. 4, p. 1108-1116, 2016.
- NICOLELIS, M. *Muito além do nosso eu: a nova neurociência que une cérebros e máquinas – e como ela pode mudar nossas vidas/ Miguel Nicolelis; tradução do autor: revisão Giselda Laporta Nicolelis*. São Paulo: Companhia das Letras, 2011.
- OKAMOTO, J. *Percepção Ambiental e Comportamento*. São Paulo: Mackenzie, 2002.

- PAIVA, M. M. B. *Percepção de salas residenciais por idosos: uso das técnicas de seleção visual, realidade virtual e eletroencefalografia*. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 299 f.: il., 2018.
- PETRANTONAKIS P. C.; HADJILEONTIADIS L. J. A Novel Emotion Elicitation Index Using Frontal Brain Asymmetry for Enhanced EEG-Based Emotion Recognition. *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed*, 15: 737-746, 2011. Doi:10.1109/TITB.2011.2157933.
- PINKER, S. *Como a mente funciona*. 2. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 666 p., 1998.
- PFURTSCHELLER, G.; LOPES DA SILVA, F. H. Event-related EEG/MEG synchronization and desynchronization: basic principles, *Clinical Neurophysiology*, Vol. 110, n. 11, p.1842–1857, 1999. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.454.1138&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 25 jan. 2022.
- PFURTSCHELLER, G.; NEUPER, C. Motor Imagery and Direct Brain-Computer Communication. *Proceedings of the IEEE*, v. 89, p. 1123-1134, 2001. Doi.org/10.1109/5.939829
- RAHMAN, L.; OYAMA, K. Long-term monitoring of NIRS and EEG signals for assessment of daily changes in emotional valence. In: International Conference on Cognitive Computing (ICCC), 2018, São Francisco, Califórnia. *Anais [...]*. IEEE, p. 118-121, 2018.
- REUDERINK, B.; MÜHL, C.; POEL, M. Valence, arousal and dominance in the EEG during game play, *Int. J. Autonomous and Adaptive Communications Systems*, v. 6, n.1, p. 45-62, 2013.
- RODRÍGUEZ, J. *EEG Emotion Recognition in Videogame Play*. Master of Science in Media-logy, Aalborg University, 2015.
- RUSSELL, J. A. A Circumplex Model of Affect. *Journal of Personality and Social Psychology*. Vol. 39, Núm. 6, p. 1161-1178, 1980.
- SCHMIDT, L. A.; TRAINOR, L. J. *Frontal brain electrical activity (EEG) distinguishes valence and intensity of musical emotions*. *Cognition and Emotion*, 15(4), 487-500, 2001. doi.org/10.1080/0269993004200187. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/241300530\\_Frontal\\_brain\\_electrical\\_activity\\_EEG\\_distinguishes\\_valence\\_and\\_intensity\\_of\\_musical\\_emotions](https://www.researchgate.net/publication/241300530_Frontal_brain_electrical_activity_EEG_distinguishes_valence_and_intensity_of_musical_emotions). Acesso em: 25 jan. 2022.
- STERNBERG, R. J. *Psicologia cognitiva*. 4. ed. Porto Alegre: ARTMED. 494 p., 2008.
- TUAN, Y-F. *Espaço e lugar: a perspectiva da experiência*. Tradução: Livia de Oliveira. São Paulo: Difel, 1983.
- UNDE, S. A.; SHRIRAM, R. Coherence analysis of EEG signal using power spectral density. In: International Conference on Communication Systems and Network Technologies, 4., 2014, Estados Unidos. *Anais[...]*. Estados Unidos, 2014, p. 871-874.
- VARELA, F.; THOMPSON, E.; ROSCH, E. *The embodied mind: cognitive science and human experience*, Cambridge, Massachusetts, The Massachusetts Institute of Technology Press, 1997.
- VASQUEZ, M.; DE MATTOS, L. M.; BERTOLACCINI, G. S.; LANDIM, P.; PASCHOARELLI, L. C.; MEDOLA, F. O. (2016) *Neurociência e Ciências Sociais: uma revisão dos conceitos*



- do Neuromarketing, da Neuroergonomia e do Neurodesign. In: *Anais do 12º congresso P&D 2016*. Blucher Design Proceedings, n. 2 v. 9.
- VILLAROUCO, V. Tratando de ambientes ergonomicamente adequados: seriam ergoambientes? In: MONT'ALVÃO, C. R.; VILLAROUCO, V. *Um novo olhar para o projeto: a ergonomia no ambiente construído*. Teresópolis | RJ: 2AB, p. 25-46, 2011.
- YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- ZHANG, Y.; ZHANG, S.; JI, X. EEG-based classification of emotions using empirical mode decomposition and autoregressive model. *Multimed Tools Appl*, 77, 26697-26710, 2018. Doi: 10.1007/s11042-018-5885-9. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11042-018-5885-9# Sec1>. Acesso em: 12 abr. 2022.

