

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DA FACULDADE DE ENGENHARIA
BIOMÉDICA

MARINA ABADIA RAMOS

ESTUDO DAS ESTIMULAÇÕES COGNITIVAS POR MEIO DO
ELETROENCEFALOGRAMA.

UBERLÂNDIA
2025

MARINA ABADIA RAMOS

**ESTUDO DAS ESTIMULAÇÕES COGNITIVAS POR MEIO DO
ELETROENCEFALOGRAMA.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Biomédica da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito parcial para obtenção do
título de Doutor em Engenharia Biomédica.

Orientador: Dr. João Batista Destro Filho

UBERLÂNDIA

2025

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

R175 Ramos, Marina Abadia, 1960-
2025 Estudo das Estimulações Cognitivas por Meio de
Eletroencefalograma [recurso eletrônico] / Marina Abadia Ramos. -
2025.

Orientador: João Batista Destro Filho.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Doutorado em Engenharia Biomédica.

Modo de acesso: Internet.

DOI <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2026.114>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Engenharia biomédica. I. Destro Filho, João Batista ,1970-,
(Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Doutorado em
Engenharia Biomédica. III. Título.

CDU: 62:61

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091

Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Biomédica

Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 3N, Sala 115 - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG,
CEP 38400-902

Telefone: (34) 3239-4761 - www.ppgeb.feelt.ufu.br - ppegb@feelt.ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Engenharia Biomédica				
Defesa de:	Tese; 016, PPGEb				
Data:	quinze de dezembro de dois mil e vinte e cinco	Hora de início:	17:30	Hora de encerramento:	21:00
Matrícula do Discente:	12023EBI004				
Nome do Discente:	Marina Abadia Ramos				
Título do Trabalho:	Estudo das estimulações cognitivas por meio do eletroencefalograma				
Área de concentração:	Engenharia Biomédica				
Linha de pesquisa:	Tecnologias em Radiações, Imagens Médicas e Biológicas				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Estudo do efeito da estimulação musical baseado em eletroencefalografia				

Reuniu-se via plataforma Teams, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica, assim composta: Professores Doutores: Marcos Campos - HCU/UFU; Aureo Toledo Gomes - IERI/UFU; Henrique Takachi Moriya - USP/SP Escola Politécnica; Francisco Fambrini - Univesp/SP; João Batista Destro Filho - PPGEb/UFU orientador do candidato.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, Dr. João Batista Destro Filho, apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu a Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir a candidata. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando a candidata:

Aprovada.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação

interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **João Batista Destro Filho, Professor(a) do Magistério Superior**, em 26/01/2026, às 17:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Aureo de Toledo Gomes, Professor(a) do Magistério Superior**, em 27/01/2026, às 09:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Francisco Fambrini, Usuário Externo**, em 27/01/2026, às 11:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcos Campos, Médico(a)**, em 28/01/2026, às 08:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Henrique Takachi Moriya, Usuário Externo**, em 03/02/2026, às 08:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **7006603** e o código CRC **9BCE4F96**.

DEDICATÓRIA

Dedico esse meu trabalho aos meus amados pais e irmãos JACK JOÃO RAMOS e FLORITA APARECIDA RAMOS, Jacqueline Ramos, Denise Ramos Garcia e Jeane Ramos.

AGRADECIMENTOS

Antecipadamente, peço perdão, pois tenho consciência de que faltarão citações, já que cada citação carrega detalhes que construíram este trabalho, fruto do apreço e da colaboração de muitas mãos amigas.

Primeiramente, expresso minha profunda gratidão ao meu corajoso mentor, Prof. Dr. João Batista Destro Filho, que acolheu a ideia singular que envolve esta tese.

Sou imensamente grata aos meus amigos do CERFEDK, incluindo os do mundo espiritual, que me sustentaram e me mantiveram saudável ao longo dessa jornada.

Agradeço também o apoio das colegas do Departamento de Biofísica, cuja precisão e disponibilidade foram fundamentais.

Por acreditarem incondicionalmente, deixo meu carinho e reconhecimento a Jack, Florita, Jacqueline, Denise, Jeane, Dartha, Guga, Bibi, Lala, May, Gabriel e Maria Clara.

Gratidão infinita a Deus.

RESUMO

A espiritualidade, compreendida como prática ou estado cerebral relacionado a diferentes tradições religiosas, mobiliza múltiplas funções neurais. Embora estudos sobre seus efeitos fisiológicos ainda sejam escassos, evidências apontam que a meditação pode provocar alterações mensuráveis no EEG.

Diante disso, o objetivo do estudo é analisar variações quantitativas no EEG de indivíduos saudáveis durante estimulações cognitivas do tipo meditação espiritual. Após uma revisão da literatura, foi desenvolvido um protocolo experimental, que permitiu formar uma base de dados entre 2019 e 2022. Esse protocolo, envolvendo as etapas silêncio, música, premeditação personalizada e meditação guiada pela oração “Pai Nosso”, foi aplicado a 26 indivíduos, com amostragem de 400 Hz e filtragem específica, sendo segmentados em épocas de 2 segundos e analisados por coerência entre oito pares de eletrodos. A análise estatística incluiu mediana, desvio padrão e teste de Mann-Whitney, complementados por variação percentual (VAP).

Os resultados mostram variações médias de potência de 11,76%, quando o registro do EEG durante a meditação é comparado com aquele em silêncio, atingindo variações máximas acima de 25%. As maiores alterações ocorreram sobretudo nas bandas gama e supergama, com destaque para os pares Fp1-Fp2 e C3-C4. A região central foi a mais sensível às mudanças, enquanto ritmos lentos, como delta, exibiram aumentos de potência também relevantes.

Paralelamente, análises estocásticas com matrizes de microelétrodos (MEA) demonstram que sinais neuronais de atividade espontânea, registrados em culturas de células do rato Wistar, apresentam distribuições não gaussianas, alta complexidade e transições sutis entre estados, reveladas por testes probabilísticos e análise de densidade de probabilidade. Essas abordagens permitem captar propriedades emergentes, como auto-organização e instabilidade funcional, ampliando o potencial translacional para futuros estudos sobre consciência e espiritualidade.

A tese integra resultados de EEG, revisão sistemática e análises probabilísticas, indicando que práticas espirituais modulam ritmos cerebrais, ativam funções cognitivas complexas, podendo, portanto, influenciar na saúde e bem-estar. Apesar de limitações amostrais, os achados reforçam a necessidade de protocolos específicos, maior padronização

metodológica e estudos randomizados, contribuindo para o avanço das interfaces entre medicina, espiritualidade, neurociência e cuidado em saúde.

Palavras-chave: Eletroencefalografia (EEG); Meditação; Espiritualidade; Coerência cerebral; Ondas gama; Estimulação cognitiva; Redes neurais; Matrizes de microelétrodos (MEA); Probabilidade e estocasticidade; Neurofisiologia; Estados de consciência; Práticas Integrativas e Complementares (PICS).

ABSTRACT

Spirituality may be considered as a practice or cerebral state related to different religious traditions, influencing multiple neural functions. Although studies on its physiological effects are still scarce, the literature points out that meditation leads to measurable changes in EEG activity. Articles report increases in alpha and theta power, reductions in frontal gamma. However, a significant gap persists in the 40–100 Hz frequency range, which is very important for understanding complex brain functions.

In this context, this study analyzes quantitative variations in the EEG of healthy individuals during spiritual meditation. After presenting a systematic review of the literature, the thesis proposes a protocol for experimental studies, during which volunteers undergo four periods of stimulation: silence, music, personalized pre-meditation, and meditation guided by the “Our Father” prayer. This protocol was applied to Twenty-six healthy individuals, whose EEG was recorded with 400 Hz sampling rate, segmented into 2-second epochs and analyzed through coherence. Quantitative analysis of ten individuals was performed, using statistical analysis, the Mann-Whitney test, and by percentage variation (PV).

Results point out a mean PV of 11.76%, including maximum power changes above 25%, when EEG signals recorded during silence are compared to those segments during meditation. The greatest changes occurred mainly in the gamma and super-gamma bands, particularly on pairs Fp1-Fp2 and C3-C4. The central region was the most sensitive to changes, while slow rhythms such as delta exhibited moderate power variations.

In parallel, stochastic analyses of neuronal cell cultures, involving Wistar rats, plated on microelectrode arrays (MEA), point out that spontaneous neuronal signals exhibit non-Gaussian distributions, high complexity, and subtle transitions between states, revealed through probabilistic tests and probability density analysis. These approaches allow the detection of emergent properties such as self-organization and functional instability, expanding the translational potential for future studies on consciousness and spirituality.

The thesis integrates EEG findings, a systematic review, and probabilistic analyses, indicating that spiritual practices modulate brain rhythms, thus activating complex cognitive functions. In consequence, they may influence health and well-being. Despite sample limitations, the findings reinforce the need for specific protocols, greater methodological standardization, and randomized studies, contributing to the advancement of interfaces between medicine, spirituality, neuroscience, and healthcare.

Keywords: Electroencephalography (EEG); Meditation; Spirituality; Brain coherence; Gamma waves; Cognitive stimulation; Neural networks; Microelectrode arrays (MEA); Probability and stochasticity; Neurophysiology; States of consciousness; Integrative and Complementary Practices (PICS).

LISTA DAS FIGURAS

Figura 1 - O processo de quatro etapas para a análise de sinais de EEG	48
Figura 2 - Base de referência para marcação no escalpo para acoplar o eletrodo usando a técnica EEG	49
Figura 3 - Disposição dos eletrodos usando a técnica de 10-20	49
Figura 4 - Ponto auricular como referência na disposição dos eletrodos	49
Figura 5 - Distribuição dos eletrodos com referência a Nasion e Inion	50
Figura 6 - Ritmos normais e suas zonas de predominantes	50
Figura 7 - Marcação de época: Traçado normal sem interferências, mostrando a escolha de época por tempo decorrido de registro de EEG	50
Figura 8 - Distribuição espacial dos equipamentos no local de registro do EEG	51
Figura 9 - Histograma dos valores de VAP	66
Figura 10 - Resultados médios de PSNG e PSNE para os DIV registrados dos 10 experimentos MEA considerados neste trabalho. Identificação das fases de crescimento celular	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estruturação da estimulação espiritual	35
Tabela 2 - Metodologia de gravação dos exames de eletroencefalografia	36
Tabela 3 - Análise dos resultados obtidos nos exames de eletroencefalografia	37
Tabela 4 - Quantidade de indivíduos classificados por Praticante Meditativo (PM) e Não Praticante Meditativo (NPM) em relação ao gênero	56
Tabela 5 - Perfil da idade predominante entre Praticantes Meditativo (PM) e Não Praticantes Meditativo (NPM)	56
Tabela 6 - Dados da etnia que compõem indivíduos PM e NPM testados pelo EEG envolvendo a prática meditativa.....	56
Tabela 7 - Perfil do grau de escolaridade em PM e NPM e o gênero.....	57
Tabela 8 - Amostragem de Δ (indivíduos) de Praticantes Meditativos (PM) e Praticantes Não Meditativos (NPM), acesso à música, formação Musical e o gênero.....	57
Tabela 9 - Estilos musicais mais relevantes escolhidos como música preferida para a premeditação.....	57
Tabela 10 - Distribuição percentual de Δ (indivíduos) com formação agnóstica de acordo com a religião declarada.....	57
Tabela 11 - Quantidade de dias durante o período semanal que os Δ PM e NPM se envolvem em atividades religiosas e o gênero	58
Tabela 12 - Dados Variação Percentual (VAP)	65
Tabela 13 - Informações do VAP.....	68

ABREVIATURAS, TERMOS E SÍMBOLOS

ACNA - American Clinical Neurophysiology Society

ALPHA (α) - Onda cerebral de frequência entre 8-12 Hz - Ocorrem em estados de relaxamento e calma, como meditação ou com os olhos fechados, e facilitam o aprendizado.

BCI - Berlin Brain-Computer Interface é um sistema de interface cérebro-computador (BCI) que utiliza sinais de EEG (eletroencefalografia) para permitir a comunicação direta entre o cérebro humano e dispositivos externos, sem a necessidade de treinamento prévio dos usuários.

BETA (β) - Onda cerebral de frequência entre 12-30 Hz. Predominam quando estamos acordados e alerta, em atividades diárias.

BIOINK - Termo utilizado para descrever misturas biocompatíveis constituídas por células vivas, hidrogéis e biomateriais que podem ser impressos por bioimpressão 3D para formar tecidos biológicos. Em MEAs permitem imprimir tecidos neurais 3D ou multicamadas diretamente sobre os eletrodos.

BIOIMPRESSÃO 3D - Refere-se ao uso de técnicas aditivas para fabricar estruturas biológicas tridimensionais contendo células vivas, biomateriais e fatores extracelulares, organizados de forma precisa para mimetizar tecidos reais. Em MEAs é aplicada para criar culturas neuronais tridimensionais mais próximas da fisiologia in vivo e possibilita a construção de tecidos neurais 3D funcionalmente ativos além de viabilizar modelos experimentais avançados que podem ser posicionados de forma precisa acima dos eletrodos.

BIOREADORES (MEAs) - São sistemas controlados que mantêm culturas celulares condições fisiológicas estáveis por longos períodos (relevante na formação de conectividade funcional, plasticidade sináptica e padrões eletrofisiológicos replicáveis), permitindo amadurecimento in vitro e fornecem controle preciso de variáveis (pH, temperatura, oxigênio, nutrientes e remoção de metabólitos) Em MEAs possibilitam o uso de culturas tridimensionais (3D), organoides cerebrais e co-culturas neurônio-glia, aproximando as redes cultivadas das propriedades fisiológicas in vivo.

BURSTING - Descreve episódios de disparos neuronais altamente concentrados no tempo, caracterizados por sequências rápidas de potenciais de ação seguidas por períodos de silêncio relativo. Em MEAs, é indicador da maturação funcional e da conectividade sináptica (*network bursts* - ou “explosões” sincronizadas envolvendo múltiplos eletrodos) e usado como biomarcador funcional.

COPING – Enfrentamento. Em psicologia, é conjunto de esforços, tanto cognitivos quanto comportamentais, que um indivíduo utiliza para lidar com situações estressantes ou ameaçadoras, são as estratégias que as pessoas empregam para gerenciar suas reações emocionais e comportamentais diante de desafios ou eventos negativos.

CORTEX ORBITOFRONTAL (OFC) - Região do lobo frontal localizada acima das órbitas oculares, na face ventral do cérebro. Ele integra informações emocionais, sensoriais e cognitivas para orientar comportamentos adaptativos, atua como um “código de valor”, atribuindo pesos emocionais e motivacionais às experiências. Disfunções estão associadas a

transtornos de personalidade, comportamentos antissociais e dificuldades empáticas e modula respostas originadas na amígdala e em outras áreas límbicas.

DEAP - Conjunto de dados multimodais para a análise de estados afetivos humanos, usando sinais fisiológicos.

DELTA (δ) - Onda cerebral de frequência entre 0,5 - 4 Hz. As mais lentas e de maior amplitude, ocorrem durante o sono profundo, permitindo o descanso e a reparação do corpo.

DMEM - Dulbecco's modified eagle medium é um dos meios de cultura mais utilizados em experimentos in vitro, incluindo estudos com MEAs (empregado como meio basal), possui alta concentração de glicose, aminoácidos, vitaminas e sais essenciais (suplementado com soro fetal bovino -FBS, glutamina, antibióticos).

DMSO - Dimetilsulfóxido é um solvente orgânico polar e em MEAs é empregado como veículo para fármacos, moduladores sinápticos e moléculas bioativas - insolúveis em meios aquosos.

EEG - Eletroencefalograma é um aparelho que serve para medir e registrar a atividade elétrica do cérebro, captada por eletrodos colocados no couro cabeludo.

EEGLAB – Refere-se a uma caixa de ferramentas interativa em Matlab para processamento de EEG, MEG e outros dados eletrofisiológicos que faz análise ICA, análise de tempo/frequência, rejeição de artefatos, estatísticas relacionadas a eventos e diversos modos úteis de visualização de dados médios e de ensaios individuais. Oferece uma GUI interativa e ambiente de programação estruturado para armazenar, acessar, medir, manipular e visualizar dados de EEG relacionados a eventos.

EEGMMIDB EEG - Motor Movement/Imagery Dataset é um dos conjuntos de dados abertos utilizados em pesquisa de BCI, oferecendo gravações multi-tarefa provenientes do BCI2000.

ELEF – Extremely Low-Frequency Electric Fields Campos elétricos de extremamente baixa frequência (tipicamente < 300 Hz). Esses campos são usados em experimentos com cultura de células e microeletrodos, pois podem alterar proliferação, orientação celular, homeostase e comportamentos eletrofisiológicos sutis detectáveis por MEA.

ÉPOCA - Em EEG, é um segmento de tempo recortado do sinal contínuo (epoch) - o registro EEG (que pode ter horas de duração, por isso, o sinal é dividido em janelas menores, chamadas épocas, para facilitar a análise de eventos específicos ou padrões locais (cada época cobre o tempo antes e depois do evento, p.ex., -200 ms a +800 ms).

ESPIRITUALIDADE - É uma experiência pessoal e individual, busca por significado e propósito na vida, uma conexão com algo transcendente e a essência interior de cada um. Não necessariamente ligada a nenhuma religião.

FBS - Fetal Bovine Serum é um suplemento essencial utilizado para promover adesão celular, sobrevivência inicial e maturação precoce das culturas neuronais (estabelecimento das primeiras conexões sinápticas), mas é de composição não definida e altamente variável.

FFT - Transformada de Fourier.

FILTRO *NOTCH* - É um filtro (filtro de rejeição de banda, band-stop filter) digital ou analógico projetado para atenuar /remover faixas de frequência específica, passando as outras frequências inalteradas (p.ex., remove o ruído da rede elétrica, que contamina os eletrodos).

fMRI - Ressonância Magnética Funcional.

FPA - Filtro Passa Alta.

FPB - Filtro Passa Baixa.

GAMA (γ) - Onda cerebral de frequência entre 30 - 100 Hz. As mais rápidas, associadas à concentração intensa, processamento cognitivo avançado e resolução de problemas.

GRAZ BCI - Graz Brain-Computer Interface (Graz BCI) é um sistema pioneiro de interface cérebro-computador baseado em eletroencefalografia (EEG), fundamental no avanço das pesquisas em BCIs não invasivas, utilizando sinais cerebrais para controlar dispositivos externos.

HCUFU - Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia.

HHA - O eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, também conhecido como eixo hipotálamo-hipófise-suprarrenal (HPA) é um sistema complexo que regula a resposta ao estresse e diversos processos corporais. O eixo HPA/ HHA desempenha um papel crucial na resposta do corpo a estímulos estressantes, tanto físicos quanto psicológicos, influenciando funções como digestão, respostas imunológicas, humor, emoções e metabolismo energético.

HIPSC - Em matrizes de microeletrodos (MEA), a sigla iPSC refere-se a "induced pluripotent stem cells" (em português, células-tronco de pluripotência induzida ou CTPI). Em resumo, as iPSC são a fonte de células vivas usadas nas matrizes de microeletrodos para estudar a atividade bioelétrica de tecidos humanos em laboratório.

HTS - High-throughput screening refere-se a métodos automatizados de análise rápida em larga escala, capazes de testar centenas ou milhares de condições experimentais simultaneamente. Integrado a MEAs, HTS permite registrar atividade elétrica de dezenas a centenas de culturas neuronais em paralelo, em placas multiwell (poços múltiplos) com microelétrodos incorporados.

IBGE - Instituto brasileiro de Geografia Estatística.

ICA - Análise de componentes independentes.

INFRADIANOS / INFRADIAN RHYTHMS - Ritmos biológicos com periodicidade superior a 24 h. Em cultura celular, representam oscilações lentas, por exemplo, ciclos de proliferação, oscilações de expressão gênica e ritmos de secreção que podem ser registrados em análises de longa duração com MEA.

INION - Localizado na base do crânio atrás da cabeça.

IN VITRO - Refere a qualquer estudo realizado fora do organismo, onde as condições artificiais (como tubos, frascos, placas de cultura, hidrogéis, organoides, biorreatores ou dispositivos

microfluídicos) do sistema experimental permitem o controle preciso e a manipulação independente das variáveis biológicas (composição do meio, temperatura, pH, gases, nutrientes e estímulos físicos ou químicos), contribuindo para elucidar mecanismos fundamentais com rigor e precisão.

MACHINE LEARNING - Ramo da IA que permite que sistemas aprendam com dados, identifiquem padrões e tomem decisões com o mínimo de intervenção humana.

LFP - Potenciais de campo local.

MATHWORKS INC. - Empresa de tecnologia (mantém dois dos softwares científicos, o MATLAB (MATrix LABoratory) e Simulink.

MATLAB - MATrix LABoratory é uma linguagem de programação de alto nível e ambiente interativo para cálculo numérico, visualização de dados, processamento de sinais/imagens, simulação, controle de sistemas.

MCF-7 – Michigan Cancer Foundation-7, linhagem celular de adenocarcinoma de mama humano, amplamente utilizada em pesquisas biomédicas. Em estudos com MEA, MCF-7 pode ser usada para investigar como estímulos biofísicos (som, campos elétricos, vibração, ultradianos, infradianos) modulam proliferação, potenciais elétricos basais e vias metabólicas.

MEDITAÇÃO - Meditar é mergulhar em silêncio absoluto. É atividade que favorece estudar o pensamento. É pensar com grande concentração de espírito, exercício preparatório para a contemplação.

MICROFLUÍDICA - Refere-se ao uso de microcanais, microcâmaras e estruturas fluidodinâmicas em escala micrométrica capazes de controlar o ambiente químico e físico das células neurais cultivadas (nos meios de cultura, neurotransmissores, fármacos, moduladores sinápticos e fatores de crescimento).

MEM - Minimum Essential Medium é um meio de cultura clássico desenvolvido para sustentar células eucarióticas em condições *in vitro*, fornecendo aminoácidos essenciais, vitaminas, glicose, sais inorgânicos e um tampão adequado para manter o pH fisiológico (suplementado com soro fetal bovino - FBS, glutamina e antibióticos). Em MEAs (sobrevivência e maturação sináptica) além de prevenir oscilações na dinâmica dos potenciais de ação e *bursts*.

MICOPLASMAS - Bactérias extremamente pequenas, desprovidas de parede celular, capazes de infectar silenciosamente culturas celulares e modificar profundamente seu metabolismo, expressão gênica e atividade eletrofisiológica. em MEAs a contaminação (passa despercebida – impossível verificar sinais de contaminação) é crítica porque altera a excitabilidade neuronal, reduz a formação adequada de redes sinápticas e interfere diretamente nos padrões de disparo e de bursting.

MINDFULNESS (MBSR) - Atenção plena, prática que envolve focar a atenção no momento presente de maneira consciente e sem julgamentos cuja função é aumentar a consciência das experiências, pensamentos e sentimentos, clareza mental, incluem meditação, respiração consciente e a observação atenta das atividades diárias.

MNE-PYTHON MNE - estimativa de norma mínima (que é um algoritmo para localizar as fontes de dados de MEG e EEG). MNE -Python é um pacote Python de código aberto para trabalhar com dados de EEG e MEG. Ele foi originalmente desenvolvido como uma porta Python (tradução de uma linguagem de programação para outra) de um pacote de software chamado MNE.

NASION - Localizado no topo do nariz entre as sobrancelhas.

NPM - Praticantes Não Meditativos.

OM - Associada à meditação e práticas de yoga, onde é entoada como um mantra. O som de "OM" é considerado um som primordial, representando a vibração do universo e sendo utilizado para induzir relaxamento e meditação.

ÔMICAS - Refere-se ao conjunto de abordagens que investigam fenômenos biológicos em grande escala, analisando globalmente componentes como genes, transcritos, proteínas, metabólitos e interações celulares. para mapear sistemas biológicos.

OMS - Organização Mundial da Saúde.

OPENNEURO SPIRITUALITY - Repositório de dados abertos para estudos de neuroimagem (fMRI, EEG e outros), com estudos disponíveis que abordam temas relacionados à espiritualidade, meditação e estados de consciência elevados.

OPEN-SOURCE - Código aberto.

ORGANS-ON-CHIPS (OOC) - São dispositivos microfluídicos que replicam a arquitetura, o microambiente e a fisiologia de órgãos humanos em escala reduzida. Integrados a MEAs, permitem registrar em tempo real a atividade elétrica funcional de tecidos neurológicos, neuromusculares ou barreiras neurovasculares cultivados em microcâmaras controladas em modelos biomiméticos.

PBCMCs – Primary Breast Cancer Microclusters / Cells, refere-se a micro aglomerados de células de câncer de mama primário ou células primárias de câncer de mama. Em culturas celulares, “PBCMCs” indica amostras derivadas diretamente de tecido tumoral humano, cultivadas em microambientes controlados, incluindo plataformas como MEA para avaliação eletrofisiológica ou de viabilidade.

PCP - Percentual de Contribuição de Potência.

PET - Tomografia por Emissão de Pósitrons.

PHQ – 9 - Patient Health Questionnaire-9 ou Questionário de Saúde do Paciente-9, ferramenta de triagem para avaliar a presença e gravidade dos sintomas de depressão em indivíduos.

PIPELINE - É um fluxo organizado de etapas sequenciais para processar dados brutos até obter resultados finalizados. É, também, chamado de workflow (fluxo de trabalho), fluxo de processamento ou pipeline de análise.

PM - Praticantes Meditativos.

PSD - Densidade espectral de Potência.

R/E - Religião/ Espiritualidade.

RELIGIÃO - Pode ser uma das formas de expressar a espiritualidade, mas não é a única. É a prática social estruturada e coletiva de uma fé.

ROS – Reactive Oxygen Species. Espécies reativas de oxigênio, como peróxido de hidrogênio, ânion superóxido e radicais hidroxila. Em cultura de células, ROS são indicadores de estresse oxidativo e podem ser moduladas por estímulos elétricos, mecânicos, sonoros ou eletromagnéticos; em MEA, alterações metabólicas por ROS podem indiretamente modificar padrões eletrofisiológicos.

RPMI - Roswell park memorial institute médium. Meio de cultura originalmente desenvolvido para o cultivo de linfócitos humanos associado à imunologia e à cultura de células hematopoiéticas, em MEAs usa-se para modelar microambientes específicos, co-culturas ou situações metabólicas diferenciadas.

SCAFFOLDS - Refere-se a estruturas tridimensionais biocompatíveis sintéticos ou naturais, são suporte físico para o crescimento e organização de neurônios sobre o chip que permite criar modelos mais próximos do ambiente in vivo, sobretudo em sistemas de cultura 3D acoplados ao MEA que melhora a densidade de sinal, a diversidade funcional da rede e a capacidade de investigar propriedades emergentes.

SEED - Se refere a um tipo de artefato, ou seja, uma atividade não cerebral que interfere na interpretação do exame. É um termo abreviado para "Sessão de EEG com Estimulação Elétrica Despolarizante".

SIGNAL PROCESSING TOOLBOX - Caixa de ferramentas de processamento de sinais.

SLEEP-EDF - Sleep European Data Format é um conjunto de dados usado em pesquisas de sono.

SPECT - Tomografia Computadorizada por Emissão de Fóton Único.

SPIKES – Picos.

STR PROFILING - Short tandem repeat profiling é técnica de caracterização genética baseada na análise de microssatélites, regiões do DNA compostas por curtas sequências repetidas e funciona como uma impressão digital genética - essencial para verificar a autenticidade de linhagens celulares.

SVM - Máquina de vetores de suporte - cria um hiperplano para classificar as características normais e anormais.

TAMMEF – Transcutaneous Amplitude-Modulated Medium-Frequency Electrical Fields, campos elétricos de média frequência, modulados em amplitude e aplicados de forma transcutânea. Em contexto de MEA e cultura de células, o termo é utilizado como referência a protocolos de estimulação elétrica não invasiva, cujos parâmetros inspiram estudos in vitro sobre efeitos bioelétricos em linhagens celulares.

THETA - Onda cerebral de frequência entre 4 - 8 Hz. Associadas a um estado de relaxamento profundo, sono leve e imaginação.

ULTRADIANOS / ULTRADIAN RHYTHMS - Ritmos biológicos com periodicidade inferior a 24 h (ex.: ciclos metabólicos de horas ou minutos). Em culturas celulares, podem ser observados como flutuações periódicas de metabolismo, atividade mitocondrial, liberação de íons ou micro variações elétricas captadas por MEA.

WAVELETS – Ondinhas.

Δ - Símbolo que significa a palavra indivíduos.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	24
CAPÍTULO 1 – ESTUDO DA ARTE	27
1 ESPIRITUALIDADE, RELIGIOSIDADE E MEDITAÇÃO: FUNDAMENTOS, EVIDÊNCIAS NEUROCIÊNCIAS, APLICAÇÕES CLÍNICAS E AVANÇOS TECNOLÓGICOS	27
CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE ESTUDOS DE ESTIMULAÇÃO MEDITATIVA BASEADOS EM ELETROENCEFALOGRAFIA (EEG).....	31
2 INTERFACES – IMPLICAÇÕES	31
2.1 Introdução.....	31
2.1.1 Interfaces: Espiritualidade, Meditação e Neurociência – suas implicações	31
2.2 Metodologia	33
2.3 Resultados	35
2.4 Discussão	38
2.4.1 Associação entre EEG, meditação e estados transcendentais	39
2.5 Conclusão	41
CAPÍTULO 3 - BASE DE DADOS DO ELETROENCEFALOGRAMA (EEG).....	42
3 FATORES SOCIOECONÔMICOS, DEMOGRÁFICOS, IDADE E ESCOLARIDADE	42
3.1 Introdução.....	42
3.1.1 Influência dos fatores socioeconômicos, demográficos, idade e a escolaridade nas práticas espirituais	42
3.1.2 O Papel da Escolaridade nas Práticas Meditativas	42
3.1.3 A influência da idade na Espiritualidade/ Meditação	43
3.1.4 Fatores Socioeconômicos	44
3.1.5 Fatores Demográficos e de Gênero.....	44
3.2 Metodologia	45
3.2.1 Descrição da amostra	45
3.2.2 Configuração do Eletroencefalograma	46
3.2.3 Disposição dos eletrodos no Couro Cabeludo	46
3.2.4 Marcação do Sistema 10-20 para o EEG no couro cabeludo	48
3.2.5 Escolhas de épocas	51
3.2.6 Acomodação do voluntário	51

3.2.7	Processamento de Sinais e Análise das Bandas de Frequência	52
3.2.8	Descrição dos Quantificadores	52
3.2.9	Descrição do Percentual De Contribuição de Potência PCP	54
3.3	Resultados	56
3.4	Discussão	58
3.5	Conclusão	61
CAPÍTULO 4 - AVALIAÇÃO DA CONECTIVIDADE NEURONAL DURANTE A ESTIMULAÇÃO COGNITIVA DE INDIVÍDUOS NORMAIS.....		62
4	INTRODUÇÃO.....	62
4.1	Metodologia	63
4.1.1	Coleta de Dados	63
4.1.2	Quantificação do eletroencefalograma	64
4.1.3	Análise Estatística.....	65
4.2	Resultados e discussões	66
4.3	Conclusão	68
CAPÍTULO 5 – MEDICINA, ESPIRITUALIDADE E CULTURA DE CÉLULAS		70
5	INTRODUÇÃO.....	70
5.1	Cultura de Células	71
5.2	MEA – Matrizes de Microelétrodos – bases teóricas	73
5.3	Estado da arte - estimulação musical de culturas de células.....	75
5.4	Análise dos sinais eletrofisiológicos obtidos por MEAs utilizando testes estocásticos descritivos baseados na estrutura da densidade de probabilidade	82
5.4.1	Preparação da cultura de células neurais	82
5.4.2	Aquisição dos sinais MEA.....	84
5.4.3	Análise quantitativa	84
5.5	Resultados e Discussões	85
5.6	Conclusões.....	86
5.6.1	Conclusões do Experimento - Subitem 5.5.....	86
5.7	Síntese do Capítulo 5.....	87
CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES GERAIS E PERSPECTIVAS.....		90
6	CONCLUSÕES GERAIS.....	90
6.1	Contribuição do EEG Associadas à Meditação	90
6.2	Contribuição da análise estocástica descritiva em culturas de células.....	90

6.3 Base de dados de estimulação meditativa sobre indivíduos neurologicamente normais	91
6.4 Perspectivas futuras	91
REFERÊNCIAS	93
ANEXOS	115
ANEXO A - FICHA DE DADOS MUSICOTERAPICO E ESPIRITUAIS DOS VOLUNTÁRIOS	115
ANEXO B - ENTREVISTA SOBRE O HISTÓRICO ESPIRITUAL	117
ANEXO C - PROTOCOLO DE EXPERIMENTAL E ENTREVISTA DURANTE O PROCESSO.....	118

INTRODUÇÃO

Esse documento de apresenta o desenvolvimento da tese de doutorado intitulado “Estudo das Estimulações Cognitivas por Meio do Eletroencefalograma (EEG)” desenvolvido no período entre os anos 2020 à 2025.

Os objetivos deste trabalho consistem em investigar os efeitos neurofisiológicos da espiritualidade e da meditação por meio da eletroencefalografia (EEG). Contribuir para análise da integração da espiritualidade na saúde e na educação médica.

As hipóteses sugerem que práticas espirituais produzem alterações específicas no EEG, com destaque para ondas alfa, teta, gama e supergama; assim como que os fatores socioeconômicos e educacionais modulam a eficácia dessas práticas e; por fim, sinalizam que a integração da espiritualidade em protocolos clínicos e educacionais favorece o bem-estar físico, cognitivo e emocional.

No capítulo 1 - Estado da Arte – apresenta-se uma revisão crítica atualizada sobre espiritualidade e saúde, buscando evidências que indicam benefícios em vários setores fisiológicos e emocionais como na redução do estresse, melhora dor crônica e no sistema imunológico além da regulação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (DAVIDSON, 2003; KABAT-ZINN, 1990; MOREIRA-ALMEIDA, 2014). Achados em neuroimagem revelam correlatos cerebrais dessas práticas, confirmando a interação mente-corpo (NEWBERG, 2001; HUETTEL, 2009).

O capítulo 2 busca demonstrar por revisão integrativa a intersecção entre Espiritualidade, meditação e neurociência e seus efeitos mensuráveis na atividade cerebral com foco no uso da técnica de eletroencefalografia (PARGAMENT, 1997; NEWBERG, 2009). A análise revela que a potência da onda alfa aumenta durante a transcendência (WAHBEH, 2018). Ferramentas de revisão bibliográfica, como Google Acadêmico, SciELO, LILACS, Science Direct, PubMed e a revista Annual Reviews, foram essenciais para organizar e analisar os dados.

No capítulo 3, apresenta-se a construção de uma base de dados envolvendo indivíduos normais brasileiros, submetidos a um conjunto de estimulações cognitivas (e dentre estas, a estimulação meditativa), durante o registro de seu eletroencefalograma (EEG). A configuração do EEG seguiu padrões rigorosos para garantir a qualidade dos dados. Esta base de dados constitui fundamento importantíssimo para análises quantitativas futuras. Apresenta-se uma avaliação do perfil das características dos indivíduos registrados, discutindo-se como

fatores socioeconômicos e demográficos influenciam a prática da meditação (COHEN, 2012; DAVIS, 2011).

No capítulo 4, realiza-se um estudo quantitativo fazendo uso de parte dos dados construídos na base apresentada no capítulo 3. Investiga-se como a meditação espiritual modula a atividade elétrica cerebral, analisando quantitativamente mudanças no EEG em indivíduos saudáveis durante quatro condições: silêncio, música agradável, premeditação personalizada e meditação espiritual baseada na oração “Pai Nosso”. Foram examinados ritmos cerebrais clássicos, de delta a supergama, e múltiplas regiões do escalpo, com atenção especial à coerência, métrica amplamente utilizada para avaliar sincronia funcional entre áreas corticais (CAHN, 2006; FELL, 2010). Esse enfoque segue evidências de que práticas meditativas produzem padrões característicos de aumento de alfa, teta e gama, além de maior integração funcional entre regiões frontais e temporoparietais (DAVIDSON, 2003; LUTZ, 2004). O objetivo central foi identificar ritmos e regiões cerebralmente mais responsivas durante a meditação espiritual, contribuindo para parâmetros que possam subsidiar futuros estudos clínicos em populações vulneráveis e em contextos de avaliação de estados de consciência.

No capítulo 5, discute-se a possibilidade de desenvolver estudos de medicina e espiritualidade usando-se como modelo biológico as culturas de células plaqueadas em matrizes de microelétrodo (MEA). Após uma introdução geral, discutem-se alguns resultados da literatura ligados com a estimulação musical de culturas de células, visto que, do conhecimento da autora, não foi possível encontrar artigos publicados diretamente com a estimulação meditativa. Portanto, na falta de resultados anteriores da literatura, optou-se por utilizar artigos associados a um assunto próximo, visto que a estimulação espiritual pode envolver música e percepção auditiva. Tentou-se implementar um estudo laboratorial nesta direção, porém a limitação de tempo e recursos nos permitiu apenas analisar quantitativamente a atividade elétrica espontânea de culturas do lobo temporal do rato Wistar em condições basais (atividade basal, sem a estimulação da cultura). Assim sendo, os resultados de análises quantitativas apresentados constituem em grupo controle, absolutamente necessário para se implementar um futuro estudo de estimulação musical e/ou meditativa deste tipo de culturas de células. Os resultados, compatíveis com análises contemporâneas de codificação neural estocástica (QUIROGA, 2013), demonstram que, ao longo da vida de uma cultura de células plaqueada em MEA, a atividade elétrica espontânea apresenta diferentes características, que podem ser analisadas em três etapas distintas: desenvolvimento, maturidade e morte celular. Consequentemente, os resultados obtidos sugerem futuros estudos que avaliem como as

estimulações musicais e/ou meditativas poderiam influenciar tais características, e caso isso seja futuramente constatado, permite questionar quais mecanismos fisiológicos são ativados durante tais estimulações.

Em suma, essa pesquisa visa analisar como a espiritualidade integrada à neurociência e à biofísica poderia ser avaliada de forma quantitativa, objetivando contribuir cientificamente para o assunto. A construção de modelos que inclua amostras diversificadas e metodologias rigorosas apontam como um papel importante na consolidação da compreensão científica sobre os efeitos neurofisiológicos das práticas espirituais.

CAPÍTULO 1 – ESTUDO DA ARTE

1 ESPIRITUALIDADE, RELIGIOSIDADE E MEDITAÇÃO: FUNDAMENTOS, EVIDÊNCIAS NEUROCIENTÍFICAS, APLICAÇÕES CLÍNICAS E AVANÇOS TECNOLÓGICOS

A interseção entre medicina e espiritualidade constitui uma área de pesquisa com raízes históricas profundas, que nas últimas décadas passou a ser investigada sob o prisma neurocientífico e biofísico (KOENIG, 2012). A espiritualidade é compreendida como uma dimensão dinâmica e essencial da experiência humana, relacionada à busca de sentido, transcendência e conexão com o sagrado (BALBONI, 2022; WALSH, 2006). Diferencia-se da religiosidade, que se refere a sistemas organizados de crenças e práticas coletivas, enquanto a espiritualidade se expressa como vivência pessoal e existencial, nem sempre vinculada a instituições religiosas (HILL, 2003; MILLER, 2015). A meditação, por sua vez, é definida como um treino sistemático da atenção e da consciência do momento presente, configurando-se como instrumento para o cultivo da espiritualidade e da autorregulação mental (SHAPIRO, 2005; KABAT-ZINN, 1990).

Para Baldacchino (2001a/2001b), a espiritualidade constitui uma força vital que integra aspectos psicológicos, filosóficos e neurocientíficos, promovendo saúde e equilíbrio existencial. Essa perspectiva é ampliada por Pargament (1997), ao descrever a espiritualidade como um processo contínuo de busca pelo sagrado, mesmo fora de contextos religiosos formais. Miller (2003) defende que essa dimensão deve ser estudada cientificamente, considerando mediadores biológicos e psicológicos, como a modulação hormonal e a redução do estresse. Essa abordagem consolidou a espiritualidade como componente essencial da saúde integral, reconhecida pela Organização Mundial da Saúde desde 1984 (OMS, 1998; PUCHALSKI, 2009).

Nas décadas de 1990 e 2000, a neurociência passou a evidenciar correlações mensuráveis entre práticas espirituais e alterações neurofisiológicas. Estudos de neuroimagem funcional realizados por Newberg (2001/2003) identificou padrões de ativação cerebral associados a estados de unidade e transcendência, especialmente nos lobos parietais superiores, regiões envolvidas na percepção do “eu”. Essas descobertas demonstram que as experiências espirituais possuem substratos biológicos observáveis, resultantes da interação entre cognição, emoção e ritual. Pesquisadores encontraram dados que a meditação regular aumenta a espessura

cortical em áreas relacionadas à empatia e à regulação emocional, sugerindo neuroplasticidade positiva induzida por práticas contemplativas (LAZAR, 2005; FOX, 2016).

Registros eletrofisiológicos reforçam essas evidências. Pesquisas com EEG revelam modulações significativas nas bandas alfa, teta, delta e gama durante estados meditativos e de oração, refletindo maior coerência cortical, atenção concentrada e relaxamento profundo (CAHN, 2006a; KAUR, 2015; KAKUMANU, 2018; TOUTAIN, 2019). Davidson (2003b; 2008) observou, por meio de EEG e neuroimagem, assimetria frontal esquerda e aumento da ativação no córtex pré-frontal e no cíngulo anterior, áreas associadas à empatia e ao bem-estar subjetivo. Esses achados sugerem que espiritualidade e meditação promovem integração mente-corpo, favorecendo autorregulação emocional e resiliência (NEWBERG, 2009; FELL, 2010).

Sob uma perspectiva biofísica, a espiritualidade é compreendida como fenômeno emergente da atividade elétrica e eletromagnética cerebral. A biofísica fornece a base teórica para entender como os fluxos iônicos e os potenciais de ação sustentam estados de consciência e experiências subjetivas (KANDEL, 2013; HUETTEL, 2009). Durante práticas meditativas, o aumento da coerência nas bandas alfa e teta sugere integração funcional entre regiões cerebrais e redução do ruído neural (FELL, 2010). Pesquisadores propõem que campos eletromagnéticos endógenos modulam circuitos neurais, produzindo padrões sincronizados que favorecem estados ampliados de consciência (McFADDEN, 2020).

As evidências clínicas reforçam essa conexão entre espiritualidade, fisiologia e saúde. Práticas espirituais e meditativas estão associadas à redução do cortisol, da inflamação sistêmica e de marcadores metabólicos relacionados a doenças crônicas (PARGAMENT, 1997; NEWBERG, 2010; LUCCHETTI, 2011b; MOREIRA-ALMEIDA, 2014; CAFÉZEIRO, 2020a). Intervenções baseadas em *mindfulness* demonstram eficácia no manejo da dor crônica, ansiedade e depressão, com indícios de neuroplasticidade funcional e estrutural (DAVIDSON, 2003a; GOYAL, 2014). Em um trabalho pioneiro Benson (1975) mostrou que técnicas simples de respiração e repetição de mantras reduzem pressão arterial e frequência cardíaca, inaugurando a compreensão fisiológica da espiritualidade.

No campo da saúde mental, a espiritualidade atua como fator protetivo, promovendo resiliência e sentido existencial (PARGAMENT, 1997; KOENIG, 2009; BONELLI, 2013). A oração e a meditação reduzem sintomas depressivos e ansiosos, fortalecendo o autocuidado e os vínculos afetivos (KOENIG, 2014; PARK, 2017). Em cuidados paliativos, a dimensão espiritual se mostra essencial para o conforto e aceitação, auxiliando o

enfrentamento da dor e da finitude (PUCHALSKI, 2014; RIZZARDI, 2010). A modulação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HHA) por meio da espiritualidade reforça seu papel neuroendócrino, ligando emoção, imunidade e transcendência (RIZZARDI, 2010b).

Estudos em estados alterados de consciência, especialmente com eletroencefalografia (EEG) e neuroimagem, indicam que estímulos auditivos personalizados, incluindo conteúdos espirituais, podem reativar redes corticais em pacientes comatosos, sugerindo percepção residual e integração neural (OWEN, 2006; BEKINSCHTEIN, 2009). Essa interseção entre espiritualidade, biofísica e neurociência abre novas perspectivas terapêuticas, embora envolva desafios éticos relativos à autonomia e à interpretação dos sinais neurofisiológicos (GILLON, 2003).

O avanço tecnológico tem desempenhado papel decisivo na expansão dessas investigações. O desenvolvimento de bases de dados de eletroencefalograma (EEG) acompanha a evolução das tecnologias de registro cerebral e da computação científica desde a criação do método por Hans Berger em 1924. Durante décadas, os registros eram analisados apenas visualmente e restritos a contextos clínicos locais. Com a digitalização nas décadas de 1980 e 1990, tornou-se possível armazenar sinais cerebrais de forma estruturada, permitindo a criação de bancos de dados compartilháveis. Um marco importante foi o lançamento do PhysioNet, no início dos anos 2000, repositório que consolidou bases como a CHB-MIT Scalp EEG Database, voltada ao estudo da epilepsia infantil (GOLDBERGER, 2000). A partir daí, surgiram bancos dedicados a emoções, sono, imaginação motora e estados meditativos, estimulados pela integração entre neurociência cognitiva, inteligência artificial e interfaces cérebro-computador - BCI (NEWBERG, 2001; GOLDBERGER, 2000).

A padronização de formatos como .edf e .mat, aliada ao uso de ferramentas como EEGLAB e MNE-Python, impulsionou bases de larga escala, como DEAP, SEED, Graz BCI, OpenNeuro Spirituality e TUH EEG, com milhares de horas de registro cerebral. Essas iniciativas transformaram o EEG em um campo quantitativo e colaborativo, ampliando a replicabilidade científica e o acesso aberto a dados (DELORME, 2004; GRAMFORT, 2013; LOTTE, 2018). Entre as principais categorias destacam-se as bases clínicas (CHB-MIT, TUH), experimentais (EEGMMIDB), afetivas (DEAP, SEED), espirituais (OpenNeuro Spirituality) e de BCI (Graz BCI, Berlin BCI) (PFURTSCHELLER, 2003; BLANKERTZ, 2010). Esses repositórios, além de contribuírem para o diagnóstico e pesquisa em epilepsia e transtornos psiquiátricos (ANDRZEJAK, 2001; SHOEB, 2010; CLEMENTZ, 2016), também ampliam a

compreensão de processos emocionais e espirituais em nível neural (KOELSTRA, 2012; SCHIRRMESTER, 2017; LI, 2022).

Nesse contexto, o MATLAB destaca-se como ferramenta essencial para o processamento e análise de sinais eletrofisiológicos. Desenvolvido pela MathWorks, o MATLAB é uma linguagem de programação de alto nível amplamente empregada em neurociência computacional, permitindo manipulação de matrizes, visualização de dados e implementação de algoritmos avançados (HUANG, 2018; HUANG *et al.*, 2022). Sua integração com pacotes especializados, como EEGLAB (DELORME, 2004) e FieldTrip (OOSTENVELD, 2011), oferece recursos de pré-processamento, detecção de artefatos, análise espectral e conectividade funcional. O uso combinado de MATLAB e EEG tem sido fundamental em estudos de interfaces cérebro-computador, aprendizado de máquina e neuroimagem, proporcionando pipelines automatizados e reproduzíveis que aceleram a análise de grandes volumes de dados cerebrais.

Do ponto de vista educacional e formativo, as universidades de Harvard e Duke incorporaram espiritualidade e meditação à formação médica através de cursos e oficinas, com o intuito de desenvolver empatia e escuta ativa (HARVARD MEDICAL SCHOOL; DUKE UNIVERSITY, 2025; DAMIANO, 2020). No Brasil, escolas médicas seguem essa tendência, reconhecendo a dimensão espiritual como parte do cuidado integral (SOUZA, 2007a/c). Essa integração curricular reflete uma medicina que busca compreender o ser humano em sua totalidade: biológica, psicológica, social e espiritual e evidencia o diálogo crescente entre ciência e transcendência.

Em síntese, espiritualidade, religiosidade e meditação constituem dimensões interligadas que transcendem as crenças e revelam bases neurofisiológicas mensuráveis. As evidências empíricas demonstram reorganizações funcionais estáveis, plasticidade cerebral ampliada e equilíbrio autonômico, consolidando a espiritualidade como eixo estruturante da medicina contemporânea. Mais do que um conceito filosófico, ela emerge como um campo interdisciplinar de pesquisa e prática clínica, unindo ciência, ética e transcendência (NEWBERG, 2009; DAVIDSON, 2008b; TAKAHASHI, 2005).

CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE ESTUDOS DE ESTIMULAÇÃO MEDITATIVA BASEADOS EM ELETROENCEFALOGRAFIA (EEG)

2 INTERFACES – IMPLICAÇÕES

2.1 Introdução

Foi realizada uma revisão bibliográfica (2013–2020) em bases como PubMed, SciELO, e Google Acadêmico, pré-selecionando 55 artigos, dos quais 8 atenderam aos critérios sobre EEG e estimulação espiritual/meditativa em indivíduos saudáveis. Os trabalhos incluídos envolveram adultos sem patologias, submetidos a estímulos como orações, recitação do Alcorão, mantras e meditações budistas. A análise metodológica foi organizada em tabelas comparativas, contemplando critérios de amostragem, protocolos de estímulo, parâmetros de EEG e resultados em ondas cerebrais.

2.1.1 Interfaces: Espiritualidade, Meditação e Neurociência – suas implicações

As interfaces entre espiritualidade, meditação e neurociência, tradicionalmente investigadas de modo independente, têm sido progressivamente integradas e refinadas ao longo da última década, revelando benefícios consistentes e implicações significativas para a compreensão e a promoção da saúde humana.

A espiritualidade, ao se entrelaçar com a medicina, torna-se um campo de pesquisa interessante que integra estudos sobre religião e espiritualidade (R/E) abrindo a interdisciplinaridade incluindo o cuidado ao paciente e expandindo para uma metodologia adaptativa. Pesquisadores enfatizam com segurança que crenças e práticas religiosas ajudam os indivíduos a enfrentar os confrontos desconfortáveis das várias doenças psico-físio-sociais (PARGAMENT, 1997; BALDACCHINO, 2001; CAFÉZEIRO, 2020b; KOENIG, 2012).

A neurociência complementa essa integração ao demonstrar que práticas espirituais e meditativas provocam alterações mensuráveis no cérebro. Newberg (2010) é consistente que a ideia do treinamento em saúde que deve incluir a dimensão espiritual para promover um atendimento humanizado corroborando com Souza (2007b).

A neurociência por intervenções espiritualidade/ religiosidade/ meditação têm se mostrado eficazes na redução de vieses cognitivos (HAFENBRACK, 2014).

Pacientes relatam que conseguem aceitar melhor as doenças e se mantêm menos ansiosos por realizarem práticas espirituais reforçando a importância da espiritualidade no manejo de condições crônicas (PARGAMENT, 1997; NEWBERG, 2009; MOREIRA-ALMEIDA, 2014).

O acompanhamento dos efeitos da E/ R/ meditação na atividade cerebral através do EEG, relatam mudanças significativas nas potências das ondas teta e alfa durante a prática e a potência dessas ondas aumenta em tarefas que exigem atenção sustentada (KAKUMANU, 2018; TOUTAIN, 2019).

Refletindo estabilidade emocional e eficiência cognitiva, a meditação induz padrões únicos de atividade cerebral (CAHN, 2013). Então, pesquisas como as de Zeidan (2010) mostraram que até breves práticas de meditação podem melhorar a atenção e a memória, observando correlatos no EEG que indicam maior atividade em regiões cerebrais relacionadas à atenção.

Para ilustrar, as publicações da revisão sistemática de Büssing (2014) apontam para o fato de que a meditação regular pode levar a mudanças significativas na estrutura e função cerebral (KOZASA, 2017; FARB, 2013; HÖLZEL, 2011; LÓPEZ, 2020) que relata que a prática meditativa altera a comunicação entre redes cerebrais.

A redução da ansiedade por meditação, demonstrada nos estudos de Kozasa (2017) monitorando um ensaio clínico randomizado, observando as alterações positivas na atividade do EEG.

A prática *mindfulness* está relacionada a padrões específicos de atividade cerebral, afirma Farb (2013), enquanto, pela mesma prática, Hölzel (2011) encontrou aumentos na densidade da matéria cinzenta cerebral associados à regulação emocional, em complemento de um e outro estudo.

Contemporaneamente, pesquisas como a revisão sistemática de Wahbeh (2018) que assunta os estados transcendentais em várias tradições meditativas e revela a relação entre a prática meditativa e alterações nas ondas cerebrais.

Paralelamente, alguns autores como Barcelona (2019) focaram na assimetria alpha frontal durante estados de oração e descanso, enquanto Panier (2020) investigara como a religiosidade e a espiritualidade podem prever sintomas depressivos, destacando a relevância das ondas alpha posteriores nesse contexto; e ainda, Tenke (2013; 2017) também explorara como a espiritualidade individual prioriza a atividade alpha posterior, sugerindo que essa prioridade pode refletir diferenças individuais na espiritualidade.

A análise de sinais de EEG é facilitada por ferramentas como o EEGLAB, conforme descrito por Delorme (2004) que criaram uma plataforma de código aberto para a análise de dinâmicas de EEG, incluindo a análise de componentes independentes. Fulpatil (2014) corroboraram a eficácia da meditação na análise de EEG, enquanto Harne (2019) utilizaram a classificação SVM para investigar os efeitos da meditação OM no cérebro. Esses estudos indicam que práticas meditativas e espirituais não apenas alteram a atividade cerebral, mas também desempenham um papel crucial na promoção do bem-estar emocional e na saúde mental.

Apesar das evidências promissoras, as pesquisas enfrentam limitações, como a necessidade de mais ensaios clínicos randomizados e a variabilidade nos critérios metodológicos. No entanto, a inclusão da espiritualidade e das práticas meditativas em contextos clínicos é indicada como benéfica, proporcionando suporte emocional e contribuindo para a melhoria da qualidade de vida dos pacientes.

2.2 Metodologia

Para a revisão, foram utilizadas as plataformas acadêmicas como Google Acadêmico, SciELO, LILACS, Science Direct, PubMed e a revista Annual Reviews, com as palavras-chave Electroencephalogram, Brain Waves, Neurological Signs, Meditation, Religion, Spirituality, Normal individual e Volunteer. Os artigos selecionados foram publicados entre 2013 e 2020. O alvo de busca compreendia os dados que relacionavam estimulação meditativa com achados eletroencefalográficos em indivíduos saudáveis, especialmente aqueles com práticas espirituais estruturadas. Após triagem inicial de 55 estudos, oito artigos atenderam aos critérios de inclusão, envolvendo o uso de EEG para avaliar estimulação espiritual, religiosa e/ou meditativa.

Foram incluídos apenas estudos com adultos (maiores de 18 anos), independentemente do grau de experiência espiritual, neurologicamente normais, fazendo-se uso explícito do EEG como instrumento de avaliação. Como exclusão, não foram explicitamente considerados artigos envolvendo técnicas de relaxamento cognitivo baseados na ideia do *mindfulness* (WAHBEH, 2018).

Foram priorizadas investigações que abordavam recitações religiosas, como o “Pai Nosso”, a “Ave Maria”, trechos do “Alcorão”, além de estímulos como música agradável, o próprio ato de praticar qualquer atividade religiosa ou outras atividades religiosas, baseadas em

espiritualidade estruturada, ou seja, associada a grandes movimentos religiosos praticados por uma quantidade considerável de populações locais.

Os artigos selecionados foram fichados e sistematizados em tabelas, considerando variáveis metodológicas como número de voluntários, tipo de recrutamento, estímulo utilizado, duração, sequência de aplicação, gravação do sinal EEG e ferramentas de análise. Nos resultados, foram observadas alterações em bandas específicas do EEG, com destaque para aumentos de potência nas bandas alfa e beta, associadas a relaxamento e consciência, além de elevações na frequência teta, ligada à atenção, e presença de ondas delta, comumente associadas ao sono profundo.

Para a confecção das tabelas, após a seleção e fichamentos, foram considerados os seguintes itens para a parte metodológica: critério(s) do grupo de estudo, quantidade de voluntários, tipo de recrutamento, critério de estipulação da estimulação espiritual, tipo de estimulação espiritual e premeditação, sequência de estímulos, duração de cada estímulo, indivíduo que conduziu a estimulação, periodicidade de estimulação, informações sobre a gravação do sinal, quantidade, duração de cada época e janelamento, informações sobre ruído e ferramenta(s) de análise. Vide Tabelas 1 e 2.

Em termos dos resultados relatados nos diversos artigos, foram definidos os seguintes itens de busca: variações das ondas cerebrais em relação a estimulação espiritual, variações nos eletrodos em relação a estimulação espiritual e diferença (s) das variações do EEG ligadas a estimulação espiritual das variações ligadas às outras estimulações realizadas. Vide Tabela 3 ao final.

Ao longo da revisão, observou-se, que foram evidentes mudanças na amplitude em bandas de frequência de EEG, com aumentos na potência das frequências alfa e beta, associadas a estados de consciência e relaxamento. A análise indicou que a frequência teta, relacionada à atenção, apresentou aumentos durante os estados meditativos, enquanto a onda delta, normalmente associada ao sono profundo, também foi observada.

2.3 Resultados

Tabela 1 - Estruturação da estimulação espiritual

ARTIGO	CRITÉRIO(S) DO GRUPO DE ESTUDO	N	TIPO DE ESTIMULAÇÃO ESPIRITUAL E PREMEDITAÇÃO	SEQUÊNCIA DE ESTÍMULOS	DURAÇÃO DE CADA ESTIMULAÇÃO
BARCELONA, 2019	Mulheres católicas adultas da Dominican Sisters of Adrian Michigan Community	33	Oração do Ave Maria e do Pai Nosso	Descanso e Oração	Descanso: 3 minutos Oração: 3 minutos
VAGHEFI, 2015	Muçulmanos saudáveis que falam persa e nenhum deles eram recitadores e memorizadores do Alcorão	47	Reprodução do Alcorão Sagrado.	Silêncio (Pré), reprodução do Alcorão (inconscientemente - Q1), de um texto árabe (inconscientemente - NQ) e do Alcorão (conscientemente - Q2).	Pré: 2min (olhos abertos) + 2min (olhos fechados). Q1: 2min (olhos abertos) + 12min (olhos fechados). NQ: 2min (olhos abertos) + 12min (olhos fechados). Q2: 2min (olhos abertos) + 12min (olhos fechados).
HARNE, 2019	Mulheres e homens entre 18-22 anos, meditadores inexperientes	23	Mantra cantado OM	Fase I: Registro gravado de EEG o voluntário canta OM mantra por 30 minutos com os olhos fechados e na postura correta de meditação.	
KAKUMANU, 2018	Faixa etária 30-65, Praticantes iniciantes (2 ou 3 cursos de dez dias com menos de 3 anos de prática); Praticantes seniores (pelo menos um retiro longo com prática diária de mais de 7 anos); Professores (instrutores de cursos de Vipassana em centros de meditação com prática diária de mais de 7 anos e que passaram por vários retiros longos).	68	NR	Pre-reposo: olhos abertos, olhos fechados intercalados, Anapana, Vipassana, Metta Pós-reposo: olhos abertos, olhos fechados intercalados	Pre-reposo: (4 minutos - 1 min olhos abertos, 1 minutos olhos fechados intercalados), Anapana: (3 minutos), vipassana (40 minutos), metta: (6 minutos), Pós-reposo: (4 minutos - 1 min olhos abertos, 1 minutos olhos fechados intercalados)
FULPATIL, 2014	Adultos normais sem experiência de meditação	10	NR	NR	NR

Legenda: NR - não relatado.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Tabela 2 - Metodologia de gravação dos exames de eletroencefalografia

ARTIGO	INFORMAÇÕES SOBRE A GRAVAÇÃO DO SINAL	QUANTIDADE E DURAÇÃO DE CADA ÉPOCA. ANALISADA E JANELAMENTO	INFORMAÇÕES SOBRE RUÍDO	FERRAMENTA DE ANÁLISE
BARCELO NA 2019	Sistema 10-20. Taxa de amostragem: 1024 Hz. Passa banda: 0,1 - 30 Hz (24 dB). <i>Notch</i> : 60 Hz	Janelamento de 2 segundos com sobreposição de 50%	Amplitudes $\pm$ 200 Mv foram considerados artefatos.	Brain Vision Analyzer 2.0. Teste T
VAGHEFI, 2015	Sistema 10-20. Frequência de amostragem: 256 Hz. Filtros passa banda 0,1-60 Hz e <i>notch</i> 50 Hz.	1024 amostras de 4 segundos	Movimentos da cabeça, das mãos, dos pés, na cadeira, respiração e deglutição foram marcados e retirados do processamento.	g.USBamp, g.tec, Graz, Austria. Testes de Friedman e de Wilcoxon
HARNE, 2019	Sistema 10-20 amostragem de 256 Hz, dezesseis canais de atividades EEG com montagens monopolar, de acordo com padrão 10-20 e o sistema RMS		Deitado e relaxado após cantar 30 minutos o mantra OM, gravação olhos fechados	Wavelet das séries Daubechies, Symlet e Coiflet, desempenho função wavelet symlet3 (sym3) extrair 6com base na frequência dominante
KAKUMANU, 2018	Os dados de EEG foram pré-processados com filtro passa alta de primeira ordem de 0,1 Hz usando Net Station 4.5.7 e depois exportado como Net Station por arquivos binários. Pré-processamento e análise EEG adicionais foram feitos com scripts personalizados usando EEGLAB v13.4.4b (Delorme, 2004.) - um caixa de ferramentas de código aberto usando MATLAB versão R2013a (Math Works Inc., Natick, MA, EUA). As localizações dos canais foram definidas de acordo com os 129 canais arquivo fornecido pelo fornecedor. Seguindo-se, um filtro FIR passa-baixa de 40 Hz, a correção e a remoção do artefato foram feitas usando o subespaço do artefato método de reconstrução (ASR) implementado no 'clean_rawdata' plugin versão 1.2 do EEGLAB. Como os dados de meditação costumam conter rajadas de amplitude alfa e teta, um alto limiar de 20 desvios padrão foi definido para detectar artefatos no EEG.	240 pacotes de 0,5 s	Os canais ruins que foram removidos foram interpolados e os dados limpos amostrado para 250 Hz e referenciado para a média.	Net Station 4.5.7 EEGLAB v13.4.4b * MATLAB versão R2013a (Math Works Inc., Natick, MA, EUA)

Continua na próxima parte...

Tabela 2 - Metodologia de gravação dos exames de eletroencefalografia (continuação)

ARTIGO	INFORMAÇÕES SOBRE A GRAVAÇÃO DO SINAL	QUANTIDADE E DURAÇÃO DE CADA ÉPOCA. ANALISADA E JANELAMENTO	INFORMAÇÕES SOBRE RUÍDO	FERRAMENTA DE ANÁLISE
FULPATIL, 2014	Sistema 10-20 adaptado para 3 eletrodos: 1 terra, 1 de referência e 1 de ativo. O filtro de corte alto e baixo passa frequências mais altas acima de 0,5Hz. um filtro passa-banda que passa frequências de filtro de 0,5 Hz a 40 Hz. Filtro NOT para 50 Hz. Frequência de amostragem 250 Hz	NR (não relatado)	NR	MATLAB - transformada de WAVELET

Fonte: Elaborador pelo autor, 2025.

Tabela 3 - Análise dos resultados obtidos nos exames de eletroencefalografia

ARTIGO, ANO	VARIAÇÕES NAS ONDAS CEREBRAIS EM RELAÇÃO A ESTIMULAÇÃO ESPIRITUAL	VARIAÇÕES NOS ELETRODOS EM RELAÇÃO A ESTIMULAÇÃO ESPIRITUAL	DIFERENÇA DAS VARIAÇÕES DO EEG LIGADAS A ESTIMULAÇÃO ESPIRITUAL DAS VARIAÇÕES LIGADAS ÀS OUTRAS ESTIMULAÇÕES REALIZADAS
BARCELONA, 2019	Alfa ↑ (Foi analisado apenas alfa)	P4, P8, PO3, PO4, O1, Oz, O2	Alfa significativamente maior detectado em eletrodos posicionados na área occipital para sessões de oração em comparação com sessões de descanso
VAGHEFI, 2015	Teta↑, alfa ↑	TETA↑: Q2/Silêncio - Fp1, Fp2, F3, Fz, F4, C3, Cz, C4, P4 e O2. Q2/NQ - Fp1, Fp2, F3, Fz, F4, C3, Cz, C4, P4, O1 e O2. Q2/Q1 - Fp1, Fp2, F3, Fz, F4 e O1. ALFA↑: Q2/Silêncio - Fp1 e Fp2. Q2/NQ - Fp1, Fp2, F3 e F4. Q2/Q1 - Fp1 e Fp2	↑ teta (relaxamento) e ↑ alfa no lobo frontal ao ouvir o Alcorão conscientemente. Observação: Informações analisadas apenas em comparação com outros estímulos
HARNE, 2019	Minimiza atividade elétrica alteração significativa de ondas delta		A onda delta mostra uma distinção clara entre o sinal de EEG antes da meditação e depois da meditação e com valores mais baixos de média, variância, STD, IQR e expoente de Hurst

Continua na próxima página...

Tabela 3 - Análise dos resultados obtidos nos exames de eletroencefalografia (continuação)

ARTIGO, ANO	VARIAÇÕES NAS ONDAS CEREBRAIS EM RELAÇÃO A ESTIMULAÇÃO ESPIRITUAL	VARIAÇÕES NOS ELETRODOS EM RELAÇÃO A ESTIMULAÇÃO ESPIRITUAL	DIFERENÇA DAS VARIAÇÕES DO EEG LIGADAS A ESTIMULAÇÃO ESPIRITUAL DAS VARIAÇÕES LIGADAS ÀS OUTRAS ESTIMULAÇÕES REALIZADAS
KAKUMAN U, 2018	↑ traço em Alfa baixo (8-10 Hz) e ↑ potência de Teta-Alfa e Gama	NR	↑ traçado Delta (1-4 Hz) e Teta-alfa (6-10 Hz) e ↑ potência Gama (30-40 Hz) no repouso basal; ↑ traço em Alfa baixo (8-10 Hz) e ↑ potência Gama durante a meditação concentrativa e de atenção plena, ↑ poder teta-alfa e gama durante a meditação da bondade amorosa
FULPATIL, 2014	NR	NR	NR

Legenda: NR - não relatado.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

2.4 Discussão

Alguns estudos associam a importância pessoal da espiritualidade e religiosidade com a proteção para transtorno depressivo maior por meio de fatores psicossociais, como uma maior avaliação positiva de momentos adversos da vida. A seguir discutem-se exemplos de estudos de grande valor metodológico, pois envolvem o acompanhamento de situações clínicas durante duas a três gerações de indivíduos (ou seja, ao longo de 10-20 anos).

Os achados estendem a visão do ritmo alfa como um marcador para processos afetivos, sugerindo uma associação com a ontogênese da espiritualidade. Um exemplo é um estudo realizado em 2013 que analisou 52 voluntários através de avaliações clínicas e autorrelatos da importância da religião ou espiritualidade (R/E). Foram realizadas coletas de EEG espaçadas de 10 anos, ao longo do acompanhamento destes indivíduos, onde em cada uma delas, eles perguntaram aos participantes qual a importância da religião e espiritualidade. Participantes que classificaram R/E importante em ambas as sessões mostraram potência alfa maior do que aqueles que mudaram suas classificações. Os pacientes que classificaram R/E como altamente importante na avaliação inicial, mostraram potência alfa maior em comparação com aqueles que não classificaram. As diferenças de EEG foram particularmente bem definidas para os participantes com depressão ao longo da vida. Após isso, conclui-se que a proeminência

de ritmo alfa na região posterior está associada a depressão e a resposta clínica a antidepressivos (TENKE, 2013).

Posteriormente, em 2017, outra publicação com a continuação do estudo citado anteriormente, apresenta os resultados obtidos no EEG, após 20 anos de acompanhamento de outro grupo de voluntários. As avaliações foram realizadas em 73 indivíduos. Para aqueles que inicialmente classificaram R / E como altamente importante, a potência alfa revelou-se maior em comparação com aqueles que não o fizeram, mesmo se sua classificação R/E aumentou posteriormente. Além disso, os voluntários que mudaram de religião foram associados com potência alfa reduzida. Os resultados sugerem a possibilidade de um estágio crítico na ontogênese de R/E, ligado ao ritmo alfa posterior em repouso. Os autores concluíram que a amplitude da potência do ritmo alfa na região occipital pode ser um biomarcador que identifica a importância de R/E para um indivíduo neurologicamente normal (TENKE, 2017).

Outro estudo realizado Panier (2020), por sua vez, utilizando os mesmos dados do trabalho citado anteriormente em uma abordagem de efeitos mistos, obteve estimativas virtuais de R/E usando dados longitudinais coletados em 5 pontos de tempo, ao longo de 25 anos. Análise de componentes principais permitiu quantificar a frequência da fonte principal, possibilitando estimar a contribuição de alfa posterior no EEG de repouso de 72 canais (olhos abertos / fechados). A gravidade sintomática de depressão foi medida entre 5 e 10 anos após a coleta do primeiro EEG, usando as escalas PHQ- 9 e IDAS-GD (TENKE, 2017). Concluiu-se que existe uma relação entre a importância de E/ R e a potência alfa posterior para prever a gravidade futura dos sintomas de depressão. Alta importância pessoal de R / E foi associada a menor gravidade de sintomas depressivos, mas conforme os níveis da potência da onda alfa aumentam, paradoxalmente, baixa importância pessoal de R / E foi associada a menor gravidade. Os resultados foram obtidos com modelos mistos onde não se leva em conta mudanças na classificação de importância de R/E ao longo do tempo.

2.4.1 Associação entre EEG, meditação e estados transcendentais

Estimulações meditativas, além de induzirem alterações de curto prazo na atividade bioelétrica cortical, podem também colaborar na qualidade de vida, e, portanto, na saúde (KAKUMANU, 2018). Um aspecto particularmente relevante refere-se à transcendência, que pode ser definida como uma experiência qualitativa de um estado alterado de consciência.

Quando experiências transcendentais ocorrem espontaneamente, com ou sem prática, elas são comumente chamadas de experiências religiosas ou místicas.

Estados transcendentais são fenômenos biofísicos difíceis de estudo, visto que eles envolvem uma experiência subjetiva que não necessariamente pode ser reproduzida em laboratório. Apesar dessas limitações, algumas pesquisas foram realizadas no contexto da estimulação meditativa baseada em estados transcendentais, porém, poucos estudos experimentais examinaram este fenômeno e seus efeitos a longo prazo.

Diante disso, um grupo de estudos da Califórnia, Wahbeh (2018a/b) publicou uma revisão sistemática cujos objetivos foram: avaliar meditação do tipo estados transcendentais em diversas correntes de pensamento; descrever qualitativamente resultados fisiológicos e fenomenológicos coletados durante estados transcendentais e estimar a qualidade desses estudos usando uma ferramenta de avaliação técnica da qualidade de metodologia empregada. Após o estabelecimento dos critérios de inclusão, foram retratados na revisão 25 artigos encontrados em diferentes bases de dados, constituindo um total de 672 participantes, sendo 61% do sexo masculino, com tempo médio de prática de meditação da ordem de $12,7 \pm 6,6$ anos. Diversas tradições de meditação foram incluídas: budista; cristão; misto (praticantes de tradições múltiplas); meditação transcendental e ioga.

Nesta revisão foi observado, em uma série de estudos, mudanças na amplitude em bandas de frequência de EEG, particularmente um aumento na potência das frequências alfa e beta. Historicamente, alfa está associado a estados de consciência, como também à atividade do córtex visual em um estado ocioso, ou de relaxamento. Em contraste com estados transcendentais, o relaxamento ativa o cérebro que consolida informações. Isso sugere que no relaxamento típico, o cérebro não está se integrando, ligando e percebendo potencialmente novas experiências.

Aumentos na potência do ritmo teta foram comumente relatados durante a transcendência. Dado que frequência teta está associada a um estado de preparação, é provável que esteja envolvido na atenção e possivelmente transições entre estados. Aumentos nas amplitudes das ondas delta foram também relatados por vários estudos nesta revisão. Embora o delta possa estar ativo durante estados transcendentais, ele está mais associado ao sono profundo.

A literatura sugere que os estados meditativos são distintamente diferentes do que estados de sono; dada a ativação predominante do cérebro inteiro, que reflete a consciência desperta típica. Além disso, relatos fenomenológicos dos participantes descrevem estes estados

profundos de meditação como aqueles em que se sentem despertos e cientes, evidenciado também por dados fisiológicos. O resultado mais consistente relatado na revisão foi a onda alfa com potência aumentada durante a transcendência, a qual, fisiologicamente, pode ser associada a um aumento de coerência de conectividade.

2.5 Conclusão

A revisão concluiu que a potência da onda alfa aumentou durante a transcendência, podendo estar associada a um aumento de coerência de conectividade. Além disso, a comparação das tabelas construídas com a literatura estudada revelou similaridades na diversidade de estímulos meditativos, na seleção de indivíduos normais sem patologia clínica, e nos resultados referentes às alterações na onda alfa durante o estímulo meditativo.

A análise sugere que futuras investigações em estimulação meditativa devem considerar diretrizes específicas, como a inclusão de pelo menos 30 indivíduos normais, a duração variável da estimulação e o uso de registros de EEG com 20 eletrodos para avaliação da faixa 0-40 Hz, visando aprofundar o entendimento das modificações eletroencefalográficas associadas à meditação.

CAPÍTULO 3 - BASE DE DADOS DO ELETROENCEFALOGRAMA (EEG)

3 FATORES SOCIOECONÔMICOS, DEMOGRÁFICOS, IDADE E ESCOLARIDADE

3.1 Introdução

3.1.1 Influência dos fatores socioeconômicos, demográficos, idade e a escolaridade nas práticas espirituais

A ideia de que a espiritualidade é um fenômeno multidimensional e modulado por variáveis sociais, culturais e individuais cogitaram estudos como Koenig (2012) e Paloutzian (2013) que apontam a influência dos fatores socioeconômicos, demográficos, etários e educacionais como papel decisivo na forma como os indivíduos vivenciam suas crenças e práticas espirituais.

3.1.2 O Papel da Escolaridade nas Práticas Meditativas

A influência do grau de escolaridade na espiritualidade e na prática da meditação tem sido abordada em várias pesquisas. Um aspecto comum encontrado nos estudos é que a educação pode aumentar a compreensão e a aceitação de práticas espirituais e de meditação.

O argumento de Davis (2011) que o parâmetro da escolaridade pode levar a uma prática mais consistente e eficaz, resultando em benefícios psicológicos significativos. O autor também discute como o nível de educação impacta a prática de *mindfulness*, sugerindo que indivíduos mais escolarizados tendem a ter uma compreensão mais profunda dos conceitos e benefícios associados à meditação, formulações que vão de encontro com as teorias de Kabat-zinn (1990).

A pesquisa de López (2009) complementa essa ideia ao afirmar que a educação está associada a uma maior abertura para práticas espirituais. Eles sugerem que indivíduos com níveis mais altos de escolaridade são mais propensos a explorar diferentes abordagens espirituais, incluindo a meditação, o que pode enriquecer sua vida espiritual e bem-estar.

Em contribuição Woolery (2004) realizou um estudo focado em estudantes universitários, revelando que a experiência educacional e o ambiente acadêmico têm um papel

crucial na adoção de práticas de yoga e meditação. Os autores concluem que estudantes que estão expostos a um ambiente que valoriza a saúde mental e o bem-estar são mais propensos a adotar essas práticas.

Por último, Seligman (2002) menciona que a educação e o conhecimento não apenas impactam crenças espirituais, mas também a disposição para adotar práticas como a meditação. Ele sugere que uma base educacional sólida pode cultivar uma maior propensão a explorar e integrar práticas meditativas na vida cotidiana.

Dessa forma, a escolaridade não reduz a busca pelo transcendente, mas pode transformá-la em modalidades mais críticas e personalizadas. Essa diversidade revela que a espiritualidade está em constante adaptação, acompanhando mudanças sociais, culturais e educacionais (LUCCHETTI, 2014; HILL, 2003b).

3.1.3 A influência da idade na Espiritualidade/ Meditação

A relação entre idade, espiritualidade e meditação é um tema que tem sido explorado na literatura, revelando como as práticas espirituais e meditativas evoluem ao longo da vida. Os estudos analisados indicam que as práticas espirituais tendem a se intensificar com a idade, oferecendo suporte emocional e psicológico significativo para os idosos (KOENIG, 2010).

O pesquisador Greely (1997) investiga como as práticas espirituais mudam ao longo da vida, observando que as diferentes faixas etárias abordam a espiritualidade de maneiras distintas. Indivíduos mais jovens podem se concentrar em experiências espirituais mais imediatas, enquanto os mais velhos tendem a buscar um sentido mais profundo e duradouro, refletindo sobre suas vidas e experiências.

A ideia de Koenig (2001) complementa a opinião de que a espiritualidade/ religiosidade proporciona um suporte emocional crucial para os idosos, ajudando-os a enfrentar os desafios da vida, como doenças e perdas.

Em uma revisão contemporânea sobre os efeitos da meditação em adultos mais velhos, enfatiza que a prática de *mindfulness* pode trazer benefícios significativos para a saúde mental e física nessa faixa etária. A meditação é apresentada como uma ferramenta poderosa para promover a calma e a clareza mental, especialmente em períodos de estresse ou transição (GONZÁLEZ, 2013).

Em outra revisão os autores destacam que a espiritualidade pode oferecer benefícios substanciais para a saúde mental e emocional à medida que as pessoas envelhecem (idosos). Eles observam que essa prática pode ajudar a mitigar a solidão e o desespero, proporcionando um senso de pertencimento e propósito (CHITTKA, 2019).

Para pessoas de meia-idade e mais velhas, a espiritualidade constitui um recurso central para enfrentar as dificuldades da vida, pois promove um senso de significado e conexão, funcionando como uma importante fonte de conforto e apoio em períodos de transição e perda (BORMANN, 2014).

Por outro lado, as gerações mais jovens têm se distanciado das formas tradicionais de religiosidade, aproximando-se de práticas espiritualistas menos institucionalizadas, como meditação, yoga, *mindfulness* e vivências espirituais individuais. Esse fenômeno reflete transformações culturais e a valorização da autonomia pessoal, demonstrando que a espiritualidade permanece presente, mas em formatos adaptados ao pluralismo contemporâneo (LUCCHETTI, 2014).

3.1.4 Fatores Socioeconômicos

As condições socioeconômicas influenciam diretamente o modo como a espiritualidade é incorporada no cotidiano. Pessoas em situação de maior vulnerabilidade tendem a recorrer mais intensamente às práticas espirituais como forma de enfrentamento das dificuldades, seja em relação à saúde, à escassez de recursos ou a situações de sofrimento. A espiritualidade, nesse contexto, funciona como fonte de resiliência psicológica, oferecendo suporte social e simbólico (PARGAMENT, 1997).

Estudos brasileiros e internacionais mostram que a religiosidade é frequente entre populações de menor renda e acesso restrito a serviços de saúde, funcionando como espaço de acolhimento e pertencimento comunitário (MOREIRA-ALMEIDA, 2007). Assim, a espiritualidade se estabelece não apenas como prática individual, mas também como estratégia de integração social e de compensação frente às desigualdades.

3.1.5 Fatores Demográficos e de Gênero

Entre os fatores demográficos, o gênero aparece como variável importante. Pesquisas revelam que as mulheres, em diferentes culturas, tendem a se envolver mais em

práticas espirituais e religiosas do que os homens (STARK, 2002). Essa diferença é atribuída a elementos históricos e culturais, mas também a uma maior valorização da dimensão relacional e emocional, que se reflete em estratégias de enfrentamento baseadas na espiritualidade.

Além disso, a espiritualidade pode estar relacionada às funções sociais desempenhadas por homens e mulheres em cada contexto cultural. Enquanto homens historicamente foram incentivados a manter vínculos institucionais, as mulheres desenvolveram papéis de cuidadoras, fortalecendo laços espirituais e religiosos como parte da vida familiar e comunitária (KOENIG, 2012).

Assim, as práticas espirituais não podem ser compreendidas isoladamente de seus determinantes sociais e individuais. Fatores socioeconômicos, demográficos, idade e escolaridade exercem forte influência sobre como os indivíduos vivenciam e interpretam a espiritualidade, seja em formas tradicionais ou alternativas. Reconhecer essas variáveis é fundamental para o campo da pesquisa e para as práticas de saúde, possibilitando uma abordagem integral que respeite a diversidade das experiências espirituais.

3.2 Metodologia

3.2.1 Descrição da amostra

Vinte e seis voluntários foram recrutados, distribuídos entre o grupo experimental com experiência meditativa e o grupo controle, sem prática de meditação. Estiveram excluídos da amostra crianças e adolescentes. A faixa etária pesquisada abrange o intervalo entre 20 - 85 anos, entre homens e mulheres adultos. A amostragem, também, apresenta variado nível de escolaridade.

Os 26 indivíduos voluntários, neurologicamente normais, foram recrutados a partir de junho/2022 até os dias atuais, de ambos os sexos e faixa etária diversificada. Os critérios de inclusão envolvem não ter histórico prévio de patologia neurológica, não possuir dificuldade auditiva diagnosticada, não fazer uso de medicação neurológica e/ou endocrinológica que altere a análise visual do EEG, durante pelo menos um ano antes do registro. Esse procedimento foi autorizado pelo Comitê de Ética em Pesquisa/UFU nº. 82824017.5.0000.5152.

Como os pesquisadores Schwalm (2021a/b), a equipe optou por dividir os voluntários em dois grupos de acompanhamento: os não meditativos praticantes (NPM) e os praticantes meditativos (PM). São considerados Praticantes Meditativos pessoas com histórico

de pelo menos 20 anos consecutivos praticando diariamente atividades espirituais; e Não Praticantes meditativos, os voluntários com prática irregular. Os participantes seguiram as seguintes orientações da equipe para o preparo do registro de seu EEG: 48 (quarenta e oito) horas sem ingerir bebidas alcoólicas, e aquelas com cafeína, além de não lavar o cabelo no dia do registro, mas sim na véspera, usando apenas sabão de coco, e evitando condicionador. O recrutamento dos indivíduos ocorreu em diversos locais da cidade de Uberlândia, MG.

3.2.2 Configuração do Eletroencefalograma

A coleta dos dados eletrofisiológicos foi realizada por meio de um equipamento configurado para registrar sinais eletroencefalógrafos (EEG) e eletrocardiógrafos (ECG) simultaneamente. Os parâmetros técnicos incluíram: frequência de amostragem de 400 Hz, constante de tempo de 1,6 s, filtro passa-alta de 0,1 Hz, filtro passa-baixa de 100 Hz e filtro *notch* ativado. Para o ECG, foram utilizados filtros entre 0,1 Hz e 35 Hz. A correta configuração desses parâmetros é essencial para garantir a acurácia dos dados e a eliminação de ruídos indesejados (NIEDERMEYER, 2005).

3.2.3 Disposição dos eletrodos no Couro Cabeludo

A disposição dos eletrodos seguiu o sistema internacional 10-20, padrão amplamente utilizado na pesquisa e clínica em neurofisiologia (YACUBIAN, 1999a/b). As análises foram realizadas com base nas principais bandas de frequência cerebral: delta (0,1–3 Hz), teta (3–7 Hz), alfa (7–10 Hz), beta (10–30 Hz), gama (30–80 Hz) e supergama (80–100 Hz), conforme metodologias descritas por (CAHN, 2006b), com o objetivo de avaliar as oscilações cerebrais associadas aos diferentes estados de consciência induzidos pelos estímulos religiosos e meditativos.

Foram seguidas as diretrizes propostas pela American Clinical Neurophysiology Society (ACNS), para o registro eletroencefalográfico com critérios padronizados para garantir a qualidade, a comparabilidade e a precisão diagnóstica dos exames. Foram utilizados 16 canais simultâneos, com a aplicação de todos os 21 eletrodos do sistema internacional 10-20, assegurando uma cobertura adequada das regiões cerebrais e uma padronização global na coleta de dados (ACNS, 2006; NUWER, 1998).

Além disso, as conexões entre os eletrodos, foram realizadas de forma bipolar em linhas sequenciais, respeitando distâncias iguais entre os eletrodos, para manter a consistência espacial da atividade elétrica registrada. A sequência apresentada emerge dos canais anteriores e do hemisfério esquerdo antes dos posteriores e do hemisfério direito, promovendo uma melhor visualização e interpretação das alterações topográficas (KLEM, 1999). Entretanto, também, se recomenda que três classes de montagens estejam representadas em cada registro de EEG: longitudinal bipolar, transversal bipolar e referencial, dessa foram, essas diferentes formas de organização da atividade elétrica cerebral poderão permitir múltiplas abordagens de análise, favorecendo tanto a detecção de padrões focais como generalizados de anormalidade segundo a ACNS (2006).

No sistema de montagens, usados nesse estudo, os eletrodos foram organizados em cinco linhas transversais e cinco planos longitudinais. Os planos transversais incluem as regiões pré-frontais, frontais, rolândicas (coronais), parietais e occipitais, enquanto os planos longitudinais compreendem os eixos inferior esquerdo, parassagital esquerdo, sagital ou mediano, parassagital direito e inferior direito (NIEDERMEYER, 2005).

Essa padronização, sendo universal, nos permitiu o acesso ao exame, com o treinamento adequado, não como profissionais da saúde (neurologistas, como médicos de outras especialidades, técnicos em neurofisiologia clínica), mas como pesquisadores treinados e garantimos que os registros foram obtidos com segurança e eficácia (KLEM, 1999; FISCH, 2009).

Os eletrodos foram posicionados no couro cabeludo, seguindo as normas internacionais, da seguinte forma: a) Linha anterior-posterior (sagital, do meio da testa até a nuca); Fpz – Frontal polar médio, Fz – Frontal médio, Cz – Central médio, Pz – Parietal médio, Oz – Occipital médio; b) Linha frontal (anterior): Fp1 – Frontal polar esquerdo, Fp2 – Frontal polar direito, F3 – Frontal esquerdo, F4 – Frontal direito, F7 – Frontal lateral esquerdo, F8 – Frontal lateral direito; c) Linha central: C3 – Central esquerdo, C4 – Central direito, T3 (ou T7) – Temporal esquerdo, T4 (ou T8) – Temporal direito; d) Linha parietal: P3 – Parietal esquerdo, P4 – Parietal direito, T5 (ou P7) – Temporal posterior esquerdo, T6 (ou P8) – Temporal posterior direito; e) Linha occipital: O1 – Occipital esquerdo, O2 – Occipital direito. Os nomes dos eletrodos refletem as regiões cerebrais subjacentes, com letras representando as áreas do cérebro e números indicando a lateralidade. Observando-se as letras como FP designa que a região é frontal polar (pré-frontal); F (frontal); C (central, linha central do cérebro, sem estrutura cortical correspondente diretamente); P (parietal); O (occipital); T (temporal); Fz, Cz, Pz, Oz

(eletrodos na linha média, onde $z = \text{zero} = \text{meio}$); e os números representam a lateralidade: ímpares (lado esquerdo do crânio), pares (lado direito do crânio) e Z (zero) (linha média, sagital), segundo Klem (1999) e Jurcak (2007), melhor visualizado na Figura 3.

3.2.4 Marcação do Sistema 10-20 para o EEG no couro cabeludo

Primeiramente, medimos a distância sagital total, entre o nasion e oinion, calculamos e anotamos quanto é 10% e 20% dessa distância, marcando com caneta hidrocor, no couro cabeludo, o ponto médio e os 2 pontos a 10% da distância acima do nasion e inicion (Fpz e Oz).

Marcamos, a seguir, a distância coronal total, entre ambos tragus (pequenas saliências cartilaginosas localizadas à frente do canal auditivo externo (linha horizontal da cabeça), calculando quanto é 10% e 20% dessa distância e marcamos, o ponto médio e os 2 pontos a 10% da distância acima dos tragus (T3 e T4).

O ponto central, Cz, foi obtido cruzando a linha coronal com o ponto médio da sagital e a linha sagital com o ponto médio da coronal. Marcando, também, Fz e Pz a 20% da distância sagital, conforme as figuras abaixo.

Desenhando uma circunferência cefálica passando pelos pontos T3, T4, Fpz e Oz. Calculamos o valor de 10% e 20% da semicircunferência (distância entre Fpz e Oz) e marcamos, conforme a Figura 2, os pontos FP1, F7, T5 e O1.

Depois, marcamos C3, 20% da distância coronal abaixo de Cz; F3, a meio caminho entre F7 e Fz; P3, a meio caminho entre T5 e Pz; TP3 que fica a meio caminho entre T3 e P3 (observe: A área motora suplementar (SMA) fica 15% da distância sagital adiante de Cz). (Figura 4).

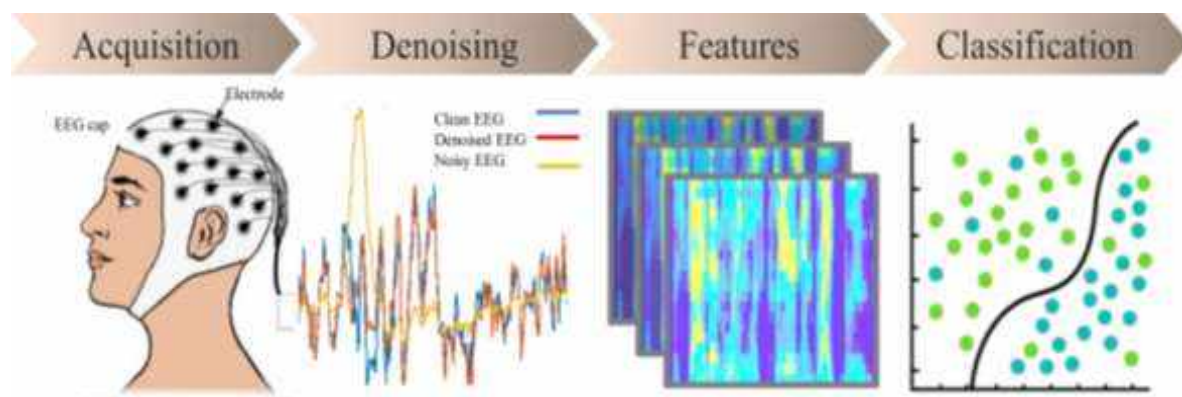


Figura 1 - O processo de quatro etapas para a análise de sinais de EEG
Fonte: Chaddad, 2023.

A análise de sinais eletroencefalográficos envolve quatro estágios: aquisição, remoção de ruídos (*denoising*), engenharia de características (*feature engineering*) e classificação (CHADDAD, 2023).

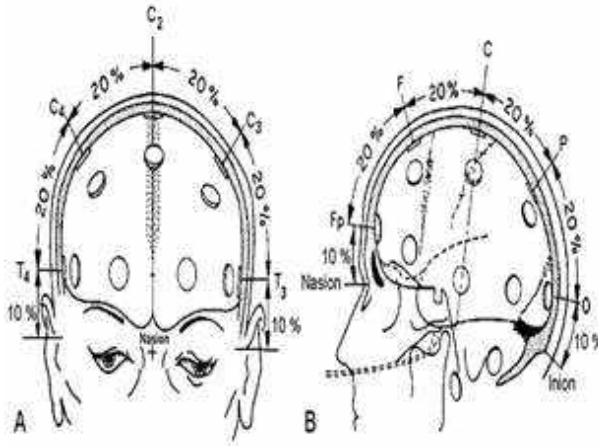


Figura 2 - Base de referência para marcação no escopo para acoplar o eletrodo usando a técnica EEG
Fonte: Abidi *et al.*, 2022.

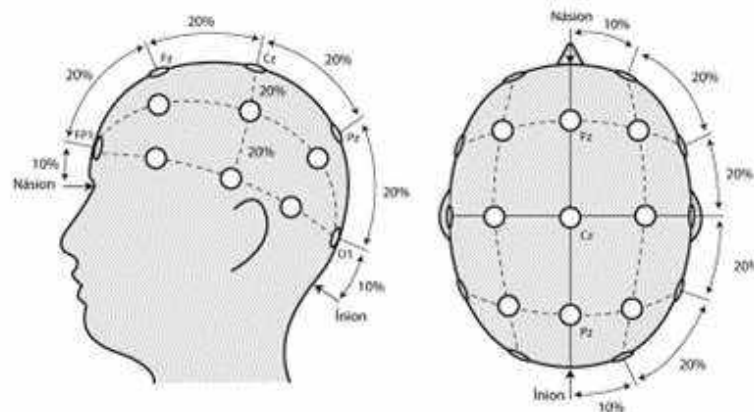


Figura 3 - Disposição dos eletrodos usando a técnica de 10-20
Fonte: Monteir; Adamatti, 2021.

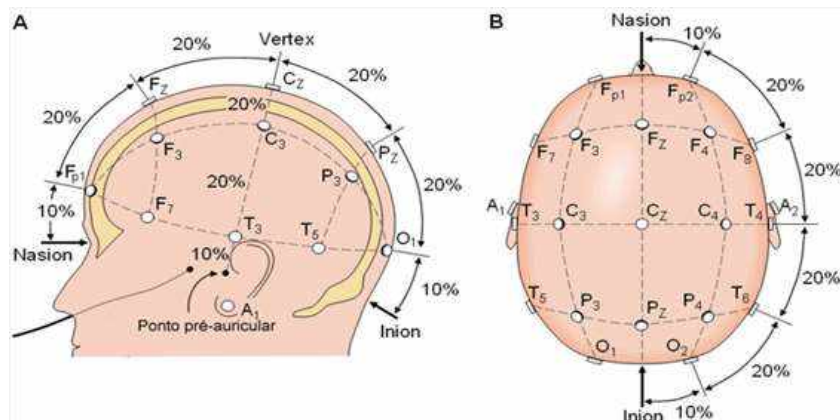


Figura 4 - Ponto auricular como referência na disposição dos eletrodos
Fonte: Yang *et al.*, 2014.

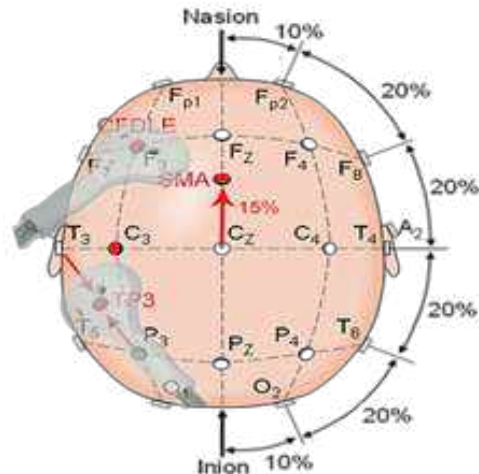


Figura 5 - Distribuição dos eletrodos com referência a Nasion e Inion
Fonte: Adibi, 2022.

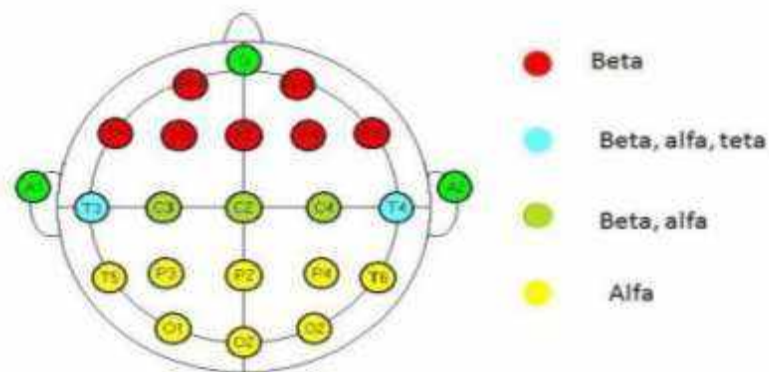


Figura 6 - Ritmos normais e suas zonas de predominantes
Fonte: Elaborado por Ramos, C. D., baseado em leituras de (Ebersole e Pedley, 2003; Niedermeyer e Silva, 2005; Schomer e Silva, 2011; Sörnmo e Laguna, 2005).

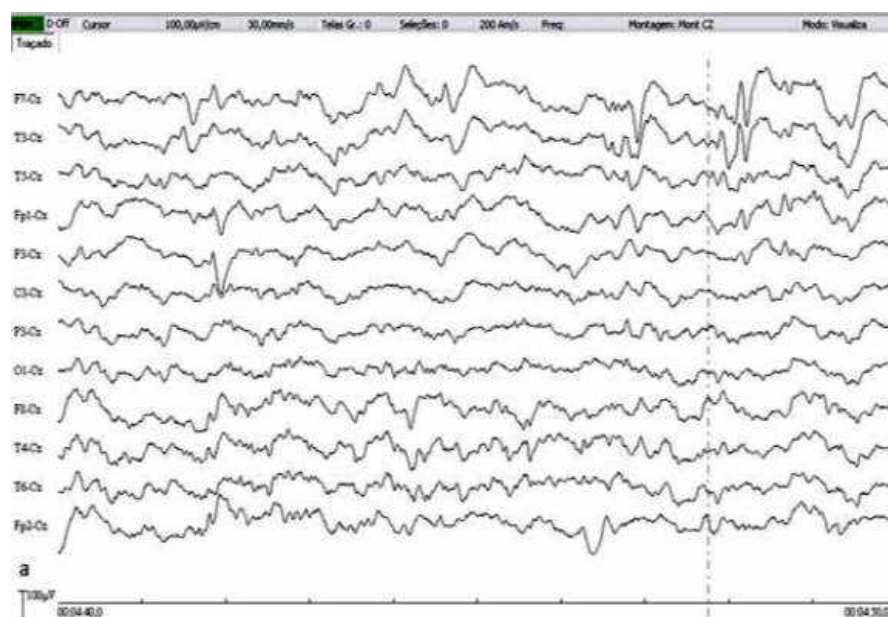


Figura 7 - Marcação de época: Traçado normal sem interferências, mostrando a escolha de época por tempo decorrido de registro de EEG
Fonte: Morsch, 2018.

3.2.5 Escolhas de épocas

Os sinais foram registrados e posteriormente analisados com o auxílio de um neurologista, que identificou e excluiu trechos com artefatos. Foram selecionadas 20 épocas (segmentos) de 2 segundos cada: 10 durante o período inicial de silêncio e 10 durante o momento de meditação. A escolha das épocas seguiu critérios aleatórios, mas com controle de qualidade para assegurar que os segmentos refletissem estados distintos de repouso e atividade meditativa.

3.2.6 Acomodação do voluntário

Os participantes foram encaminhados para se sentarem e posicionarem se confortavelmente, dando início ao experimento com uma entrevista (ANEXOS 1 e 2) e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), para voluntários vivenciados no laboratório de testes.

A Figura 8 demonstra a disposição do equipamento e a distância dos experimentadores e voluntário.

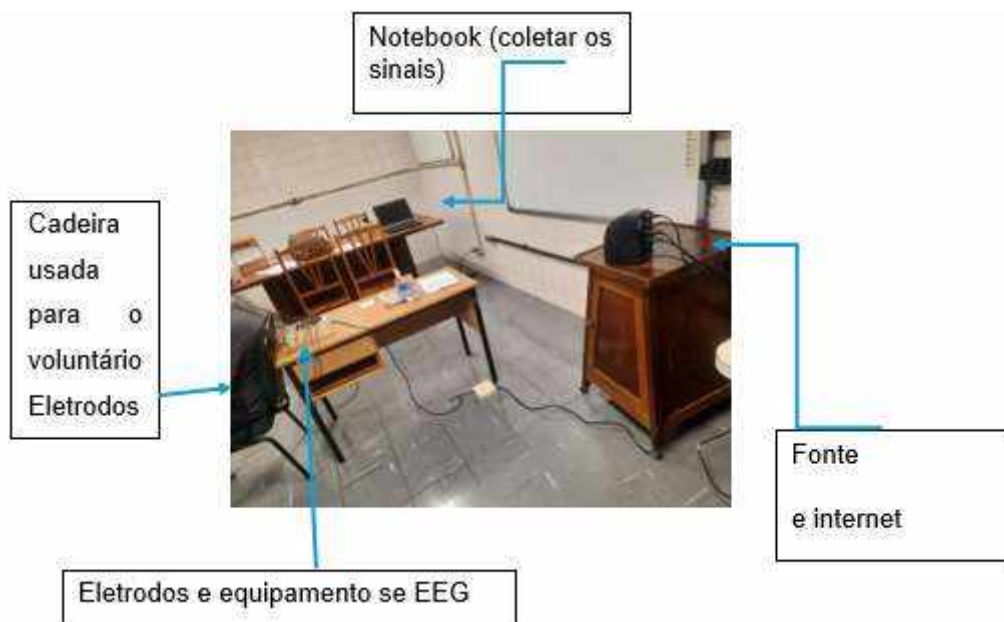


Figura 8 - Distribuição espacial dos equipamentos no local de registro do EEG
Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Equipamento de EEG em cima da mesa que fica atrás da cadeira do voluntário, a fonte do equipamento de EEG no chão entre essa mesa e a mesa onde fica o estabilizador, e

numa outra mesa colocamos o notebook que contém o software de captação e visualização do EEG.

3.2.7 Processamento de Sinais e Análise das Bandas de Frequência

Após a seleção das épocas do EEG – 10 (épocas) durante o silêncio e 10 (épocas) durante a meditação – os dados foram submetidos a uma etapa de processamento computacional com o objetivo de analisar as oscilações cerebrais nas diferentes bandas de frequência. Esta análise visa identificar padrões específicos associados aos estados meditativos, como aumento da atividade em faixas teta e alfa, e eventuais ativações em frequências gama, como relatado em estudos prévios de Lutz (2004) e Cahn (2006b).

As bandas de frequência foram analisadas conforme os seguintes intervalos: delta: 0,1 – 3 Hz; teta: 3 – 7 Hz; alfa: 7 – 10 Hz; beta: 10 – 30 Hz; gama: 30 – 80 Hz; supergama: 80 – 100 Hz.

Para a extração quantitativa das informações de cada banda, foi aplicada a Transformada de Fourier (FFT) nas épocas previamente selecionadas. A FFT nos permitiu decompor os sinais de EEG no domínio da frequência, facilitando a visualização e quantificação das potências relativas de cada banda. A potência espectral relativa (P_{rel}) de uma determinada banda λ foi calculada pela razão entre a potência absoluta da banda λ e a soma das potências de todas as bandas:

$$P_{rel}(\lambda) = P_{abs}(\lambda) / \sum P_{abs} \text{ (todas as bandas)}$$

3.2.8 Descrição dos Quantificadores

O Percentual de Contribuição de Potência (PCP) é um quantificador utilizado na análise de sinais de eletroencefalograma (EEG) que mede a quantidade de energia elétrica presente em diferentes faixas de frequência. Como esse quantificador é fundamental para entender as contribuições dos diferentes ritmos cerebrais (Delta, Teta, Alfa, Beta e Gama), para a atividade total do EEG, o empregamos para acompanhar as alterações registradas.

O PCP é calculado a partir da Densidade Espectral de Potência (PSD), que representa a distribuição da potência do sinal em função da frequência. Após calcular a PSD total do sinal, o PCP normaliza essa potência ao longo de uma faixa de frequências que varia de 1 a 100 Hz. De posse dessa informação, cada ritmo cerebral foi separado de acordo com suas

características de frequência, permitindo, através do PCP, a porcentagem que indicativa da contribuição de cada ritmo para a potência total do sinal (RAMOS, 2017).

O quantificador de coerência é uma ferramenta que mede a relação entre dois sinais com base em sua similaridade de frequência. No âmbito do eletroencefalograma (EEG), como a coerência é empregada para investigar a conectividade funcional entre diversas áreas do cérebro, isso nos possibilitou a identificação de padrões de atividade elétrica que refletiam a simetria ou a interação entre os hemisférios cerebrais. Assim, os valores de coerência que variaram de 0 a 1 (0 representam a ausência de relação e 1 indica uma relação ideal), nos permitiu averiguar a relação entre os sinais (RAMOS, 2017).

Foi realizada uma análise descritiva preliminar com o objetivo de comparar os valores do quantificador PCP (Potência de Componentes Principais) entre os diferentes tipos de estímulos apresentados: silêncio, música, premeditação e meditação. Inicialmente, foi aplicado o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, que é amplamente utilizado para verificar se os dados seguem uma distribuição normal, especialmente em amostras pequenas a moderadas (MASSEY, 1951). Esse teste permitiu identificar a natureza da distribuição dos dados obtidos em cada condição experimental.

Dado que os dados não apresentaram distribuição normal, foi adotado o teste não paramétrico de Wilcoxon para amostras pareadas, o qual é apropriado para comparar medianas entre duas condições relacionadas em contextos em que os pressupostos paramétricos não são atendidos (WILCOXON, 1945; GIBBONS, 2011). A comparação estatística foi realizada entre os diferentes estímulos (dois a dois) para cada quantificador analisado, a fim de verificar diferenças significativas entre as condições experimentais de forma independente para cada variável.

A variação percentual foi realizada conforme fórmula abaixo.

(1)

- Variação percentual [%].
- Valor associado ao primeiro período a ser comparado.
- Valor associado ao segundo período a ser comparado.
- Operador que devolve o valor máximo entre P1 e P2, sendo eles grandezas reais.

3.2.9 Descrição do Percentual De Contribuição de Potência PCP

$$P_n = \int |S_{xn}(f)|^2 df$$

Sendo:

P_n – Potência total do sinal na época n .

S_{xn} – Densidade espectral de potência do sinal EEG na época n .

n – Época selecionada.

$$PCP_{nri} = \int |S_{xn}(f)|^2 df / P_n$$

Sendo:

PCP_{nri} – Contribuição de potência do ritmo específico em relação a potência total do sinal.

P_n – Potência total do sinal na época n .

$|S_{xn}(f)|^2$ – Densidade espectral de potência do ritmo específico na época n .

Para a extração quantitativa das informações de cada banda, foi aplicada a transformada de Fourier (FFT) nas épocas previamente selecionadas. A FFT permite decompor os sinais de EEG no domínio da frequência, facilitando a visualização e quantificação das potências relativas de cada banda. A potência espectral relativa (Prel) de uma determinada banda λ foi calculada por meio da razão entre a potência absoluta da banda λ e a soma das potências absolutas de todas as bandas de interesse.

Esse tipo de análise foi extremamente útil ao investigar mudanças sutis nos padrões cerebrais durante a meditação, uma vez que diferentes práticas espirituais podem modular seletivamente as oscilações neurais em determinadas regiões e frequências (TRAVIS, 2010a/b).

Os estímulos aplicados ao voluntário, que permaneceu sentado, com os olhos fechados, em uma cadeira confortável ao longo do registro, estão detalhados a seguir. Etapa 1: Silêncio absoluto durante 3 (três) minutos; Etapa 2: Música agradável – 2 (dois) minutos; Etapa 3: Pausa – 2 minutos; Etapa 4: Pré-meditação (própria da espiritualidade do voluntário) – 2 minutos; Etapa 5: Meditação – 5 minutos. A etapa 1 objetiva gerar uma situação de repouso, que serve como controle. Já na etapa 2, a estimulação musical foi escolhida pelo próprio voluntário conforme seus gostos, e foi realizada a fim de preparar e relaxar o voluntário, além de servir para diferenciar variações bioelétricas ligadas a estímulos puramente auditivos, daquelas variações decorrentes da estimulação cognitiva do tipo meditação. A música foi apresentada através de áudio previamente preparado, e executado por aparelho de som. A etapa

3 é necessária para permitir ao voluntário fazer uma pausa no procedimento, bem como para a equipe de registro resolver possíveis dificuldades técnicas que surgirem ao longo do registro.

Na etapa 4, é realizada a pré-meditação, sendo essa uma fase na qual o voluntário escolhe uma estimulação que lhe proporcione uma conexão meditativa ou despertar espiritual, seja uma música, oração ou leitura. Trata-se de uma etapa preparatória para a última e mais importante fase do registro. Finalmente, para a etapa 5, estudos bibliográficos realizados durante 2 anos (BALBONI, 2022; KAUR, 2015; WAHBEH, 2018a/b) levaram à equipe escolher a seguinte meditação, para todos os tipos de voluntários, que consiste em ouvir a recitação contínua da prece de Pai Nosso, realizada oralmente e ao vivo pelos membros da equipe de registro. Esta escolha se justifica pelo fato de, no Brasil, conforme constatado pelo IBGE em 2012, no último censo religioso realizado até hoje, 87% da nossa população afirma praticar religiões baseadas no cristianismo (IBGE, 2010). Consequentemente, pode-se afirmar que tal oração consiste em fundamento básico para a meditação realizada por grande parte de nossa população.

A escolha das estimulações das etapas 2 e 4 do registro ocorreu somente após uma entrevista prévia do voluntário, que, ao preencher o termo de consentimento, manifestou-se favorável ao procedimento como um todo. Durante a mesma entrevista, coletamos informações sobre uma música escolhida de preferência do participante para ouvir durante o registro, bem como uma estratégia usada como pré-meditação. Também obtivemos informações socioeconômicas dos voluntários, além de avaliar detalhadamente seu histórico musical e de prática espiritual.

A configuração do equipamento para a captação do sinal engloba os dados de EEG: amostragem 400 Hz, constante de tempo: 1,6 s, filtro passa-alta (FPA): 0,1 Hz, filtro passa-baixa (FPB): 100 Hz, filtro *notch* ligado. Para ECG: amostragem 600 Hz, constante de tempo: 0,1s-35 Hz, FPA: 0,1 Hz, FPB: 100 Hz, filtro *notch* ligado. Para minimizar os ruídos, os equipamentos são distribuídos no local de registro conforme a Figura 8, que consistem em ambiente climatizado, agradável, espaçoso e, principalmente, silencioso, para evitar ruídos externos.

Os registros EEG efetuados foram laudados por dois especialistas diferentes, que também realizarão a seleção visual das épocas.

3.3 Resultados

Descreve-se a seguir uma síntese geral do perfil dos voluntários já registrados. Através do protocolo de inclusão descrito é possível classificar os resultados quanto à percentagem de sexo, etnia, idade classe social, preferência musical, religião e experiência espiritual (Praticante (P) e Não Praticante meditativo (NPM)).

Tabela 4 - Quantidade de indivíduos classificados por Praticante Meditativo (PM) e Não Praticante Meditativo (NPM) em relação ao gênero

SEXO	P M	NPM
FEMININO	11	1
MASCULINO	7	7
TOTAL	18	8

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Tabela 5 - Perfil da idade predominante entre Praticantes Meditativo (PM) e Não Praticantes Meditativo (NPM)

	ANOS	PRATICANTE/ NÃO PRATICANTE	SEXO	
IDADE			FEMININO	MASCULINO
	≥ 20	PM	-	-
		NP	2	-
	21 – 30	PM	-	-
		NP	4	1
	31 – 40	PM	-	2
		NP	1	-
	41 – 50	PM	2	-
		NP	-	-
	51 – 60	PM	4	3
		NP	-	-
	≥ 61 // 85	PM	5	2
NP		-	-	
TOTAL de indivíduos por Sexo e idade			18	8

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Tabela 6 - Dados da etnia que compõem indivíduos PM e NPM testados pelo EEG envolvendo a prática meditativa

COR DE PELE		FEMININO	MASCULINO
BRANCO	PM	13	4
	NPM	4	1
NEGRO	PM	1	-
	NPM	-	-
PARDO	PM	1	1
	NPM	1	-

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Tabela 7 - Perfil do grau de escolaridade em PM e NPM e o gênero

ESCOLARIDADE/ PRATICANTE – NÃO PRATICANTE		FEMININO	MASCULINO	TOTAL
ENSINO MÉDIO	PM	-	3	3
	NPM	-	-	-
GRADUANDO	PM	-	-	-
	NPM	1	6	7
GRADUAÇÃO	PM	6	6	12
	NPM	1	1	2
PÓS GRADUAÇÃO	PM	1	1	2
	NPM	-	-	-
Δ		9	17	26

Fonte: Elaborador pelo autor, 2025.

Foi considerado como Ensino Médio os voluntários com o curso completo e incompleto. Já para a informação relativa à pós-graduação, os indivíduos com os cursos de mestrado e doutorado completos.

Tabela 8 - Amostragem de Δ (indivíduos) de Praticantes Meditativos (PM) e Praticantes Não Meditativos (NPM), acesso à música, formação Musical e o gênero

ACESSO, FORMAÇÃO MUSICAL	Nº Δ FEMININO		Nº Δ MASCULINO		TOTAL
	PM	NPM	PM	NPM	
3$\geq$ DIAS SEMANAIS$\leq$7	11	6	7	1	25
RÁDIO, INTERNET, CELULAR, OUTROS	12	6	7	1	26
INSTRUÇÃO / FORMAÇÃO MUSICAL	4	4	1	1	10
SEM FORMAÇÃO MUSICAL	9	4	3	*	16

*Um participante alega não acessar música em nenhum dia da semana apesar de possuir todos os aparelhos de acesso; outros Δ participantes não acessam a música todos os dias.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Tabela 9 - Estilos musicais mais relevantes escolhidos como música preferida para a premeditação

ESTILO	Nº Δ FEMININO	Nº Δ MASCULINO	Nº TOTAL Δ
GOSPEL	7	3	10
CLÁSSICAS	4	1	5
MPB	2	1	3
Outras			8

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Tabela 10 - Distribuição percentual de Δ (indivíduos) com formação agnóstica de acordo com a religião declarada

FORMAÇÃO TEOLOGICA/ SEXO	Δ FEMININO	Δ MASCULINO
COM FORMAÇÃO TEOLÓGICA, OU PARA EXERCER ALGUMA FUNÇÃO RELIGIOSA	9	4
AGNÓSTICO	1	1
SEM FORMAÇÃO RELIGIOSA	2	9

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Tabela 11 - Quantidade de dias durante o período semanal que os Δ PM e NPM se envolvem em atividades religiosas e o gênero

QUANTIDADE DE Δ EM ATIVIDADE RELIGIOSA EM DIAS SEMANAIS	FEMININO		MASCULINO		TOTAL Δ / DIAS SEMANAIS
	Δ PM	Δ NP	Δ PM	Δ NP	♂ e ♀
0	-	3	-	1	4
1	-	5	-	-	5
2	8	-	1	-	9
3-5	-	-	3	-	3
≥ 5	2	-	3	-	5

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

3.4 Discussão

Com relação aos fatores socio-econômicos, demográficos, idade, escolaridade que influenciam nas práticas espirituais, observamos pela Tabela 2 que maioria dos voluntários femininos com prática meditativa (27,7%) apresentam idade de superior a 61 anos e, já os femininos sem prática meditativa (22,2%) com idade de 21 a 30 anos. Já os voluntários masculinos com prática meditativa, em sua maioria (37,5%), estão entre 51 e 60 anos de idade, e os sem prática meditativa, entre 21 e 30 anos. Esses resultados corroboram com os de Geeley, (1997); Koing (2001/2010); Bormann (2014) e Chittka (2019) que indicam que a indivíduos idosos tem a espiritualidade como alicerce para qualidade de vida, enfrentamento de desafios de perdas, solidão, doenças e os jovens pendem em experiências imediatas e distanciamento das formas tradicionais de religiosidade (LUCCHETTI, 2014).

Na Tabela 1 observamos que a maioria das mulheres do estudo possui prática meditativa, enquanto os homens são equivalentes em nível quantitativo de praticantes e não praticantes de meditação, sendo em valores em relação ao quantitativo geral de indivíduos analisados. esses resultados concordam com Stark (2002) ao colocar que as mulheres tendem a se envolver mais nas práticas espirituais por uma valorização da relacional e emocional.

Quanto aos dados de etnia (Tabela 3), verificamos que tanto mulheres quanto homens, com prática ou sem prática meditativa, se declaram em sua maior parte brancos. Os bancos de dados e páginas temáticas do RLS 2023–24 apresentam cortes por raça/etnia mostrando a distribuição religiosa entre adultos brancos e a percepção de que grande parte da população religiosa é branca é suportada pelos cortes por raça (PRC, 2024; PRC 2025, PRRI, 2021).

O Censo 2010 (IBGE, 2010; IBGE 2022) fornece tabelas que cruzam cor ou raça com religião e dados de 2010 e preliminares de 2022 mostram claramente que a composição racial das filiações varia por religião (ex.: católicos têm grande presença de brancos e pardos; evangélicos têm grande proporção de pardos; grupos de matriz africana têm maior participação de pretos). O Censo 2021 do Office for National Statistics permite cruzar religião com *ethnic group* (LASSITER *et al.*, 2017) trazem dados que mostram a composição étnica dentro das religiões e permitem inferir que grande parte das populações religiosas tradicionais da Europa (PRC, 2025) historicamente tem sido majoritariamente “white” (brancos) no sentido europeu, mas com variações locais e mudanças por migração.

A Tabela 4 mostra que a maioria das mulheres com prática meditativa são graduadas, sendo que, entre os homens, o quantitativo é o mesmo para praticantes e não praticantes meditativos. Esses resultados demonstram que o gênero feminino institucionalmente desenvolvem papéis de cuidadoras e fortalece laços espirituais no seio familiar (KOENIG, 2012)

Em relação os fatores musicais, observamos na Tabela 5 que as mulheres com prática meditativa, em sua maioria, possuem aparelhos eletrônicos de comunicação e música e não possuem formação musical. Já as mulheres sem prática meditativa possuem formação musical, aparelhos eletrônicos de comunicação/música, e ouvem música de 3 a 7 dias na semana. Esses dados encontram ressonância com as informações que a musicalidade e a religiosidade se correlacionam tanto em níveis individuais, emocionais e nas experiências religiosas evocadas pela música (RENTFROW, 2003, WIEBE, 2021). A música também funciona como gatilho de experiência religiosa: emoções musicais positivas aumentam a probabilidade de experiências religiosas/“sagradas” durante a escuta (DEMMRICH, 2020).

Os homens, tanto praticantes de meditação quanto não praticantes, por sua vez, possuem alguma formação musical e, também, aparelhos eletrônicos de comunicação, ouvindo música de 3 a 7 dias na semana.

Na Tabela 6, tem-se que, a maioria dos voluntários prefere música gospel, sendo feminino ou masculino. Wiebe (2021) observou que indivíduos religiosos tem um preferencial musical aguçado em contraposição de ritmos considerados agressivos.

Verificando os dados obtidos quanto aos fatores religiosos, observa-se que a maioria dos voluntários, tanto feminina quanto masculina, possui uma formação teológica, ou para exercer alguma função religiosa (Tabela 7).

A formação teológica institucional revela dinâmicas diferenciadas segundo o sexo,

de modo que mulheres frequentemente enfrentam barreiras de participação nos programas de teologia formal enquanto os homens desfrutam de trajetórias mais estabelecidas (SCHAFFROTH, 2025). Em contextos africanos, por exemplo, as faculdades de teologia ainda reproduzem estruturas patriarcais que limitam o acesso de mulheres à docência e liderança teológica (MATI, 2022).

A reflexão sobre identidade de sexo e gênero no processo formativo sugere que a formação teológica exige sensibilidade ao sexo e gênero, pois estes são campos vulneráveis especialmente em contextos vocacionais (CORNWALL, 2015). Além disso, a orientação teológica de mulheres na educação teológica tende a ser mais liberal/ doutrinariamente, evidenciando um entrelaçamento entre sexo e formação ideológica (HOUSE, 2010). Nossos resultados refletem esse formato parcialmente e justifica-se pela amostra ser muito pequena.

Pela análise da Tabela 8, nota-se que a maioria dos indivíduos femininos praticantes de meditação se envolvem em atividades religiosas 2 vezes na semana, sendo que para os homens também praticantes essa maioria vai de 3 a até mais de 5 vezes por semana. Já entre os indivíduos não praticantes, observa-se que a maioria feminina participa de alguma atividade religiosa apenas 1 vez na semana, e os indivíduos masculinos, nenhuma.

Observações aprofundadas mostram estudos nos quais mulheres tendem a se envolver em práticas religiosas rotineiras, como oração diária e participação em grupos/serviços, com maior frequência que homens, incluindo padrões de participação superior a duas vezes por semana em subamostras e contextos específicos (BRASIL, 2020; LI, 2020).

Pesquisas longitudinais indicam que frequentar cultos mais de uma vez por semana (ou várias vezes ao mês/semana) é uma forma de envolvimento teológico muito reportada por mulheres e está associada a efeitos sociais e de saúde (LI, 2016). Estudos epidemiológicos e de inquérito mostram também que a diferença de gênero é mais pronunciada em medidas de oração privada (diária) e participação rotineira, enquanto em algumas religiões e países essa diferença se reduz ou inverte-se (PRC, 2016; SANTERO, 2019).

Revisões teóricas sugerem múltiplas explicações, econômicas, sociais e de preferência por risco, para a maior frequência feminina em práticas religiosas regulares (LI, 2020; PRC, 2016). Mais uma vez analisamos que a amostra é pequena necessitando de aumento para uma abordagem mais conclusiva.

3.5 Conclusão

A base de dados construída revela que o perfil do voluntário com prática meditativa é: feminino, branco, com idade entre 51 e 60 anos, graduadas, possuem aparelhos eletrônicos de comunicação e música, não possuem formação musical, preferem música gospel, possuem uma formação teológica ou exercem alguma função religiosa e se envolvem em atividades religiosas, no mínimo, 2 vezes na semana.

Já o perfil do voluntário sem prática meditativa é: masculino, branco, com idade entre 21 e 30 anos, em fase de graduação, não possuem formação musical, possuem aparelhos eletrônicos de comunicação e música, ouvem música de 3 a 7 dias na semana, preferem música gospel, não possui uma formação teológica, tampouco, exercem alguma função religiosa e se envolvem em atividades religiosas 1 vez na semana.

Para trabalhos futuros estima-se realizar um processamento dos dados EEG captados, dividido em épocas, objetivando gerar caracterizações das variações elétricas do EEG durante os estímulos meditativos.

CAPÍTULO 4 - AVALIAÇÃO DA CONECTIVIDADE NEURONAL DURANTE A ESTIMULAÇÃO COGNITIVA DE INDIVÍDUOS NORMAIS

4 INTRODUÇÃO

A espiritualidade é uma prática ou estado cerebral que se desenvolve a partir de várias abordagens distintas e em diversas formas como em cultos ou praticas religiosas envolvendo diferentes funções cerebrais (NEWBERG, 2014; TOUTAIN, 2019). Há poucos estudos que exploram as mudanças fisiológicas associadas à meditação como prática espiritual (NEWBERG, 2014). No Brasil, a meditação é um método incorporado ao Sistema Único de Saúde (SUS) por meio das Práticas Integrativas Complementares (PICS) (BRASIL, 2023; BRASIL, 2006; SILVA, 2020).

A avaliação do sinal eletroencefalográfico (EEG) tem demonstrado que diferentes estilos de meditação ocasionam mudanças nas potências das ondas classicas cerebrais (AHANI, 2014). No Brasil, Marchiori (2012) avaliou 59 idosos hipertensos que praticavam meditação cujos resultados mostraram uma redução significativa na pressão arterial dos participantes, além de uma melhoria na qualidade de vida, avaliada por meio de entrevistas.

Costa (2020) observou que a frequência alfa se comporta de maneira distinta durante a meditação em comparação ao relaxamento, registrando um aumento na densidade de potência durante o estado meditativo em todas as regiões do cérebro analisadas, com a maior potência associada à região occipital. Susam (2022) demonstrou que a meditação *mindfulness* (MF) de dois minutos resultou em aumentos significativos na potência das bandas alfa (8-12 Hz) e teta (4-8 Hz) em jovens com Transtorno do Espectro Autista.

Aguerre (2023) observou que pessoas com alta disposição para a atenção plena (*mindfulness*) apresentaram diminuição significativa na potência gama frontal enquanto estavam em repouso. Utilizaram o EEG para estudar a meditação em 34 indivíduos com idades entre 50 e 79 anos, sem experiência prévia em meditação e que relataram estresse. O estudo revelou diferenças nas faixas de frequência entre o grupo de meditação e o grupo de controle, com maior atividade nas frequências mais baixas – Delta, Teta, Alfa – durante a meditação, e maior atividade nas frequências mais altas – Beta, Gama, Super Gama – no grupo de controle (AHANI, 2014). No entanto, uma revisão bibliográfica conduzida por pelos mesmos autores do artigo atual, focada em pesquisas que examinam alterações neurocognitivas causadas por estímulos meditativos avaliados pelo EEG, apontou uma carência de estudos analisando o sinal EEG na faixa de frequência de 40 a 100 Hz (COLANTONI, 2019).

Essas pesquisas poderiam ser relevantes, uma vez que as ondas gama e supergama estão relacionadas a atividades cognitivas complexas, podendo portanto serem influenciadas pela meditação (KAKUMANU, 2018).

Assim este capítulo tem como objetivo analisar as variações quantitativas que ocorrem durante a prática de meditação espiritual em indivíduos saudáveis. Buscaremos identificar os ritmos que apresentam as maiores variações, assim como as regiões cerebrais envolvidas nesse processo. Por meio dessa análise, pretendemos contribuir para uma compreensão mais profunda dos efeitos da meditação no cérebro de indivíduos normais, o que permite formar grupo controle para posterior estudo em pacientes.

4.1 Metodologia

4.1.1 Coleta de Dados

Foram selecionados dez registros eletroencefalográficos da base de dados construída e descrita no capítulo anterior.

Para capturar os sinais EEG, foram colocados eletrodos no escalpo do paciente, conforme o sistema 10-20. O experimento inicia-se com um período de três minutos de registro em silêncio absoluto e olhos fechados, seguido por dois minutos de música agradável escolhida de acordo com o gosto do voluntário, reproduzida em formato de áudio digital. Em seguida, houve uma pausa durante a qual a equipe conversou brevemente com o voluntário sobre as emoções e imagens mentais evocadas pela música. Isso foi seguido por dois minutos de estímulo de pré-meditação, escolhido pelo voluntário de acordo com sua prática religiosa. Posteriormente, ocorreu a etapa final de meditação, que durou três minutos e meio, e envolveu a recitação contínua e em voz alta da oração "Pai nosso" pelos membros da equipe de pesquisa. Durante todo o período de estímulo meditativo, o voluntário foi instruído a permanecer sentado, de olhos fechados e em silêncio, exceto durante a pausa para conversa com a equipe.

A metodologia adotada foi baseada em anos de estudo da equipe, considerando a literatura existente (NEWBERG, 2014; COLANTONI, 2019; KAKUMANU, 2018), e sua própria experiência experimental nesse tipo de estimulação cognitiva (ALVES, 2020). A escolha da oração "Pai nosso" para a meditação se deu pelo fato de ser comum a várias denominações cristãs ou de inspiração cristã no Brasil. A introdução da estimulação musical antes da meditação tinha o propósito de preparar e relaxar o voluntário, além de diferenciar os

estímulos auditivos usados na estimulação cognitiva daqueles empregados na meditação.

Os critérios de inclusão para os participantes envolviam ser adultos sem histórico prévio de doenças neurológicas, não ter usado medicação neurológica ou endocrinológica por pelo menos um ano antes dos registros. Foram excluídos indivíduos com experiência significativa em meditação, ou seja, aqueles que praticavam meditação por pelo menos 20 anos consecutivos, pelo menos quatro vezes por semana (NEWBERG, 2014).

Os procedimentos prévios a cada registro seguiram um protocolo de coleta que incluía não lavar o cabelo no dia da coleta, evitar o consumo de bebidas estimulantes, garantir um sono adequado de pelo menos 8 horas na noite anterior e não consumir álcool por pelo menos 48 horas antes da coleta. Cada voluntário foi entrevistado para melhor entender seu histórico religioso e musical, visando adaptar um experimento de estimulação espiritual personalizada à sua prática meditativa. Isso envolveu a seleção de músicas de sua preferência e preces ou cânticos religiosos que os próprios voluntários acreditavam serem capazes de induzir um estado de relaxamento mental, facilitando assim a atividade meditativa.

Cada voluntário assinou um termo de consentimento, aceitando a organização das estimulações realizadas, as quais foram detalhadamente explicadas no convite para participar do experimento. A condução desse processo de coleta de dados foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Federal de Uberlândia (CEP/UFU), com o protocolo 82824017.5.0000.5152.

4.1.2 Quantificação do eletroencefalograma

Os sinais EEG coletados foram inicialmente submetidos à análise por um médico neurologista a fim de serem definidas dez épocas de interesse, para cada evento de ocorrência, como descrito no Item A dessa metodologia: silêncio, música, pre- meditação e meditação. Foram portanto, selecionadas 40 épocas em cada registro EEG, cada uma com duração de 2 segundos.

Cada época selecionada foi processada utilizando o quantificador coerência (RAMOS, 2017). A coerência ($C(f)$) é o grau de dependência linear entre dois sinais. Em EEG sabe-se que nas regiões posteriores do cérebro existe alta sincronia na faixa do ritmo alfa (8 – 12 Hz). Portanto a função de coerência é uma análise quantitativa bastante aplicada em estudos de testes cognitivos, psicopatologias entre outros.

$$C(f) = \frac{S_{xy}(f)}{\sqrt{S_{xx}(f)}\sqrt{S_{yy}(f)}}$$

Para cada época, estimou-se 6 valores de Coerência, respectivamente associados a cada um dos ritmos neurológicos (delta a super gama), para cada par de eletrodo avaliado. Ressalta-se que os pares de eletrodos são (FP1-FP2, F7-F8, F3-F4, T3-T4, C3-C4, T5-T6, P3-P4, O1-O2).

4.1.3 Análise Estatística

A partir dos valores de coerência calculados, a análise descritiva foi realizada. Para representação dos resultados de coerência de cada situação, para cada par de eletrodos e cada ritmo cerebral, foi definida representação pela mediana e desvio padrão de mediana.

Na sequência, o teste de comparação de Mann-Whitney foi utilizado para comparar os valores de coerência obtidos entre os eventos do registro, totalizando 6 possíveis comparações: Silencio x Musica, Silencio x Pré Meditação, Silencio x Meditação, Musica x Pré Meditação, Musica x Meditação e Pré Meditação x Meditação.

Uma outra demonstração numérica foi calculada a partir dos valores de mediana de coerência obtidos: variação percentual (VAP) obtivemos diferença significativa, a variação percentual calculada encontra-se entre 0 e 40%.

Tabela 12 - Dados Variação Percentual (VAP)

	PAR-ELETRODO MAIS VARIANTES	VAP MÉDIO	QUANTIDADE DE PARES VARIANTES
SIL x MU S	Fp1-Fp2	11,09%	8
MUS x PM	P3-P4	11,16%	8
PM x MED	C3-C4	10,58%	7
SIL x PM	F7-F8	14,46%	7
SIL x MED	C3-C4	12,35%	7
MUS x MED	Fp1-Fp2	10,92%	7

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

$$VAP = \frac{|MedCor_1 - MedCor_2|}{Max \{MedCor_1, MedCor_2\}} \times 100 \quad (2)$$

Sendo:

VAP – Variação percentual [%]

$MedCor_1$ – Mediana de coerência situação A

$MedCor$ 2 – Mediana de coerência situação B

$Max \{MedCor\ 1, MedCor\ 1\}$ – Valor máximo

4.2 Resultados e discussões

Os valores de coerência obtidos em cada situação dos registros EEG, silêncio, música, pré meditação e meditação, foram utilizados para calcular os valores de VAP entre as comparações possíveis: silêncio versus música, silêncio versus pré meditação, silêncio versus meditação, música versus pré meditação, música versus meditação, pré meditação versus meditação. A partir dos valores de VAP, onde o teste estatístico indicou diferença significativa, o histograma da Figura 9 foi elaborado.

Na Tabela 1, tem-se para cada comparação, o valor de VAP médio, o par-eletrodo com maiores variações ao considerar os 6 ritmos cerebrais, bem como a quantidade de pares variantes analisando os 6 ritmos. Já a Tabela 2 mostra a região em que prevalece as variações, e o ritmo que apresentou maior quantidade de variações.

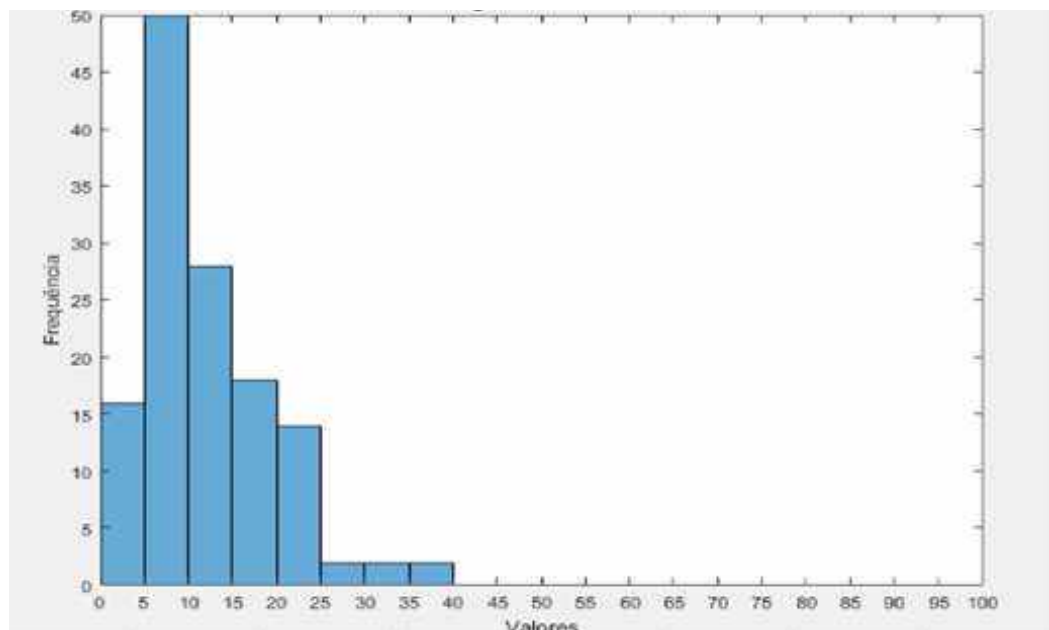


Figura 9 - Histograma dos valores de VAP

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

A partir da Figura 9, podemos analisar que não houve variação percentual acima de 40%. Variações entre 25 e 40% foram aquelas que menos ocorreram, por outro lado, VAP entre 5 e 20% obtiveram 74,04% dos valores. A variação percentual média obtida foi de 11,76% e portanto, pode-se considerar VAP elevado como acima de 25%. Apenas 5 eletrodos/ritmos

apresentaram variação percentual acima de 25%. Assim, pode-se dizer que em todos os eletrodos onde obtivemos diferença significativa, a variação percentual calculada encontra-se entre 0 e 40%.

No contexto desta tese, que busca compreender os correlatos neurofisiológicos da espiritualidade e suas interfaces com processos cognitivos e afetivos, os achados referentes às variações nos eletrodos Fp1–Fp2, P3–P4 e C3–C4 oferecem uma interpretação coerente com modelos contemporâneos de cérebro-mente. A estimulação espiritual por oração parece modular de forma integrada redes pré-frontais, parietais e sensório-motoras. As alterações em Fp1–Fp2, localizados na região pré-frontal anterior (area fronto polar), indicam engajamento de mecanismos de regulação emocional, atenção autorreferencial e monitoramento cognitivo, sendo uma das áreas mais avançadas associada a metacognição, atenção e planejamento entre as funções que mostram aumento de atividade alfa frontal e redução de beta durante práticas espirituais, refletindo estados de maior estabilidade emocional e menor demanda atencional externa (NEWBERG, 2001; CAHN, 2006). De maneira complementar, as variações em P3–P4, relacionadas ao córtex parietal posterior, contribuem para o entendimento da modulação espiritual na integração sensorial, na percepção corporal e na experiência de self, uma vez que reduções na atividade parietal têm sido correlacionadas com sensações de unidade e dissolução das fronteiras corporais relatadas em estados meditativos profundos (LOU, 1999; NEWBERG, 2014).

Por sua vez, as modificações observadas em C3–C4, que se situam sobre áreas motoras e somatossensoriais, sugerem a participação de redes relacionadas à propriocepção, à postura e à interocepção, especialmente durante práticas que envolvem respiração consciente, mantras ou movimentos ritualizados, fenômenos já descritos em estudos que evidenciam a participação do córtex somatossensorial e motor em estados meditativos e de relaxamento profundo (LAZAR, 2000; LACEY, 2007).

Assim, a estimulação espiritual revela um padrão neurofisiológico integrado que articula regulação emocional, integração perceptual e processamento corporal, corroborando a perspectiva desta tese de que a espiritualidade opera não como um mecanismo isolado, mas como um fenômeno sistêmico que reorganiza de forma coordenada múltiplas redes cerebrais.

Na tabela 2, citada acima, foram concentradas as informações a respeito de região e ritmos neurologicos com maiores variações.

Tabela 13 - Informações do VAP

	REGIÃO	RITMO
SIL x MUS	Temporal	Gama e Super Gama
MUS x PM	Central	Gama e Super Gama
PM x MED	Central	Gama e Super Gama
SIL x PM	Frontal	Beta, Gama e Super Gama
SIL x MED	Central e Temporal	Gama e Super Gama

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Observando as Tabelas 1 e 2, da revisão sistemática, nota-se que os principais pares de eletrodos que mostraram variação significativa foram Fp1-Fp2 e C3-C4. Pode-se observar ainda que a região cerebral com maior prevalência de variação significativa foi a central. Em duas comparações obteve-se diferenças significativas em todos os pares eletrodos, Silencio x Musica e Musica x Pre meditação. As demais comparações levaram a 7 pares eletrodos variantes.

Após a análise constatamos que em todos as comparações, variações elevadas ocorreram sobretudo nos ritmos rapidos, principalmente gama e super gama (AHANI, 2014). Por outro lado, é possível observar a presença de delta (ritmo associado ao relaxamento), com valores acima de 25% na comparação entre Silencio x Meditação. Os outros ritmos lentos (teta e alfa) aparecem com variações em algumas comparações, contudo em nenhum dos casos apresentam valores altos. As comparações com maior quantidade de pares eletrodos variantes são Sil x Musica com 23 pares eletrodos variantes. Por outro lado, a comparação Musica x Meditação foi aquela com menor quantidade de pares eletrodos variantes 18. A comparação Silencio x Pre Meditação e Silencio x Meditação foram semelhantes, contudo em Silencio x Pré Meditação as alterações tiveram maior intensidade. Em (SOARES, 2023) observamos uma conclusão semelhante, explicado pelo fato de que a pré meditação ser de escolha do voluntario.

Assim como em Soares (2023), observamos a presença de variação dos eletrodos centrais e temporais nas comparações silencio x estímulo, o que pode estar associado à audição. Pouco se sabe a respeito da audição em práticas meditativas (COLANTONI, 2019).

4.3 Conclusão

Os resultados apresentados revelam variações de potência da ordem média de 12%, entre as diferentes fases do processo de estimulação meditativa. Particularmente, ocorrem mudanças intensas em 5 pares eletrodos, entre o silêncio inicial e a premeditação, envolvendo eletrodos frontais, centrais e temporais. Quando o silêncio é comparado à pré meditação, ocorrem duas variações na ordem de 25%, que é um valor muito elevado. Observa-

se um padrão de semelhança entre as comparações de Silencio x Música e Silencio x Meditação. Os resultados mostram que esse tipo de prática de meditação provoca mudanças significativas no padrão da atividade elétrica cerebral. Por outro lado, a presença de variações elevadas nas faixas gama e super gama revelam a necessidade de estudos aprofundados a esses ritmos.

CAPÍTULO 5 – MEDICINA, ESPIRITUALIDADE E CULTURA DE CÉLULAS

5 INTRODUÇÃO

A incorporação de técnicas avançadas de análise neuronal tem ampliado de forma significativa a compreensão dos mecanismos bioelétricos e biofísicos que sustentam a atividade neural, permitindo uma aproximação multiescalar entre dados *in vitro* e *in vivo*. Nos últimos anos, métodos como análises estocásticas de sinais, medidas de coerência funcional, algoritmos de conectividade e abordagens baseadas em redes complexas vêm sendo aplicados tanto em registros de EEG quanto em culturas de células neuronais obtidas por *microelectrode arrays* (MEA). Essa integração metodológica possibilita comparar padrões eletrofisiológicos entre sistemas biológicos altamente organizados, como o cérebro humano, e modelos celulares reduzidos, nos quais circuitos neuronais mantêm propriedades fundamentais de excitabilidade, plasticidade e sincronização (POTTER, 2001; WAGENAAR, 2006).

Tais comparações evidenciam que oscilações elétricas registradas em culturas neuronais apresentam dinâmicas rítmicas, “*bursts*”, pacotes curtos e concentrados de dados transmitido rapidamente no formato de surtos de pulsos elétricos ou picos abruptos de amplitude, compatíveis com princípios gerais observados no EEG. Esses padrões revelam sincronização de populações, modulação por estímulos, plasticidade e variações nos espectros de frequência (CHIAPPALONE, 2006). Ao aplicar técnicas avançadas de análise neuronal a ambos os sistemas, torna-se possível investigar correlações entre mecanismos celulares e fenômenos macroscópicos da atividade cortical, contribuindo para o refinamento de modelos neurofisiológicos e para o desenvolvimento de novas abordagens experimentais em neurociência computacional e translacional.

As matrizes de microelétrodos (MEAs) são modelos avançados de estudos neurofisiológicos usados para investigar mecanismos básicos do sistema nervoso e redes neurais, validar hipóteses computacionais, testar fármacos, estudar doenças neurológicas e aproximar fenômenos celulares de processos de maior escala, como aqueles observados em EEG ou LFP - Local Field Potential - Potencial de Campo Local (FARIA, 2025).

Motivados por essa tecnologia, esse capítulo visa contribuir para a tentativa de utilização do modelo biológico cultura de células, plaqueada em MEA, com objetivo de levar a cabo estudos em medicina e espiritualidade. Após revisar conceitos gerais de culturas de células e MEAs, discute-se resultados da literatura ligados à estimulação musical destas culturas. Visto que a maior parte das estimulações meditativas fazem apelo a estímulos

auditivos, e visto que não foram encontrados trabalhos específicos com medicina, espiritualidade e cultura de células, tais resultados da literatura consistem no elemento técnico mais próximo ao nosso objetivo final. No último item deste capítulo, apresenta-se um estudo experimental da atividade elétrica de repouso de dez culturas de células. Como não houve tempo de realizar a estimulação espiritual destas culturas, tal estudo experimental estabelece o resultado ligado a um “grupo controle”, a ser futuramente comparado com um trabalho experimental envolvendo diretamente a estimulação meditativa de culturas de células.

5.1 Cultura de Células

A cultura de células constitui um eixo metodológico central nas ciências biomédicas, permitindo que células eucarióticas isoladas de tecidos animais, humanos ou vegetais sejam mantidas, nutridas e manipuladas em condições controladas *in vitro*. Essa abordagem busca reproduzir, de forma padronizada e reprodutível, parâmetros fisiológicos essenciais como temperatura, pH, oferta de nutrientes e balanço gasoso, dessa forma garantindo a viabilidade, proliferação e funcionalidade celular ao longo dos experimentos (FRESHNEY, 2016). Ao fornecer um microambiente artificial, mas rigorosamente controlado, as culturas celulares permitem investigar processos biológicos fundamentais, testar compostos farmacológicos, explorar mecanismos de sinalização e desenvolver modelos preditivos aplicáveis à pesquisa translacional.

Tradicionalmente, as culturas celulares foram estabelecidas em monocamadas bidimensionais (2D), que, apesar de sua simplicidade, oferecem alto grau de padronização e facilidade de manipulação. Entretanto, avanços recentes impulsionaram o desenvolvimento de modelos tridimensionais (3D), como esferóides, hidrogéis, organóides e sistemas microfluídicos, capazes de reproduzir gradientes de oxigênio, interações célula–célula e célula–matriz extracelular mais próximos da fisiologia tecidual (JENSEN, 2020; CACCIAMALI, 2022). Essas plataformas 3D têm demonstrado maior fidelidade fenotípica, estabilidade funcional e respostas farmacológicas mais consistentes com dados *in vivo*, reduzindo discrepâncias históricas entre resultados experimentais e ensaios clínicos (JENSEN, 2020).

No contexto da descoberta de fármacos, a cultura de células é componente indispensável do pipeline experimental, permitindo triagens de alta vazão (*high-throughput screening*), estudos de citotoxicidade, análises de metabolismo, avaliação de permeabilidade de membrana e identificação de alvos moleculares (GHANEMI, 2015). Tecnologias como organs-

on-chips, matrizes 3D e sistemas automatizados aumentam a precisão e sensibilidade desses ensaios, contribuindo para a redução da dependência de modelos animais e ampliando a capacidade preditiva de efeitos terapêuticos e adversos (CACCIAMALI, 2022).

Em engenharia de tecidos e medicina regenerativa, culturas celulares integradas a *scaffolds*, bioreatores e bioimpressão 3D permitem o desenvolvimento de estruturas complexas, como equivalentes cutâneos, tecidos cardíacos e modelos osteocondrais utilizados tanto para pesquisa quanto para aplicações terapêuticas emergentes (YOON, 2023). Aplicações como organoides derivados de células-tronco (TRUJILLO, 2019; FAIR, 2020; HUANG, 2022; SHARF, 2022), integração com técnicas ômicas (HA, 2022; DAVIS, 2022) e dispositivos microfluídicos mais sofisticados incluindo plataformas de organs-on-chips e brain-on-chip (PECK, 2020; KIMURA, 2018; GAO, 2025), prometem ampliar o potencial translacional dessas plataformas e reduzir a necessidade de modelos animais em pesquisa biomédica. Além do uso de meios de cultura (como DMEM, RPMI ou MEM), suplementação adequada, manutenção de esterilidade, controle de mico plasma e implementação de controles positivos e negativos (FRESHNEY, 2016). A criopreservação com DMSO, o armazenamento em nitrogênio líquido e a validação da identidade celular por STR *profiling* asseguram a estabilidade genética e fenotípica das linhagens, reforçando a confiabilidade dos estudos (FRESHNEY, 2016; JENSE, 2020). Nesse conjunto integrado de práticas e tecnologias, a cultura de células oferece ferramenta indispensável para a pesquisa biomédica contemporânea.

A utilização de culturas neuronais integra-se ainda a plataformas eletrofisiológicas avançadas, como *microelectrode arrays* (MEA), que possibilitam o registro simultâneo da atividade elétrica de centenas de neurônios, o estudo de padrões de conectividade, plasticidade sináptica e efeitos farmacológicos neuroativos (OBIEN, 2015). As HD-MEAs, em especial, fornecem resolução espacial aumentada e permitem análises dinâmicas da formação de redes neuronais in vitro, tornando-se mecanismos valiosos para neurociência experimental, modelos de doenças e investigação de potenciais terapias neurofarmacologias (FREY, 2010).

A despeito de seus avanços, as culturas celulares apresentam limitações intrínsecas, incluindo variabilidade fenotípica entre linhagens, ausência de complexidade sistêmica, dificuldades de perfusão em modelos 3D e desafios relacionados à estabilidade genética ao longo das passagens celulares (FRESHNEY, 2016). Por isso, o rigor metodológico é fundamental: a seleção adequada dos meios de cultura, a suplementação controlada com FBS, glutamina e antibióticos, o uso de cabines de biossegurança, a detecção sistemática de mico plasma e a adoção de controles experimentais apropriados são etapas essenciais para garantir

validade e reprodutibilidade (FRESHNEY, 2016). A criopreservação padronizada com DMSO e armazenamento em nitrogênio líquido asseguram estabilidade genômica e funcional das linhagens, enquanto técnicas como *short tandem repeat profiling* confirmam a identidade celular, prevenindo erros experimentais significativos (JENSEN, 2020).

Assim, a cultura de células permanece como uma tecnologia indispensável para a biomedicina contemporânea, integrando-se de forma robusta a áreas como farmacologia, genética, biotecnologia, neurociência e engenharia de tecidos, ao mesmo tempo em que impulsiona o desenvolvimento de modelos experimentais cada vez mais sofisticados, éticos e representativos da complexidade biológica humana.

5.2 MEA – Matrizes de Microelétrodos – bases teóricas

Matrizes de microelétrodos (MEA) tem a principal função de registrar a atividade elétrica neuronal, permitindo registrar os potenciais de ação (*spikes*) e potenciais de campo local (LFPs) de centenas a milhares de neurônios simultaneamente, em tempo real, sem destruir o tecido. a técnica se desenvolve através da comunicação entre neurônios em culturas celulares, fatias de cérebro ou organoides cerebrais. Nas versões das fases ocorrem as captações de sinais espontâneos de descargas elétricas naturais da rede neuronal; de sinais evocados com respostas a estímulos químicos, elétricos, ópticos ou mecânicos. Sendo, portanto, uma ferramenta essencial para entender como neurônios se comunicam, formam padrões rítmicos e se reorganizam como ocorre na plasticidade sináptica (HENNINGSON, 2017; OBIEN *et al.*, 2020)

Basicamente, as aplicações se consolidam nas áreas da neurociência básica na investigação dos mecanismos de sincronização neuronal, plasticidade e aprendizado. Assim como, na simulação e mensuração de padrões oscilatórios semelhantes aos observados em EEGs humanos especialmente alfa, beta, gama (ITO, 2014). A técnica permite também estudar microcircuitos de consciência, memória e percepção sensorial (LIU, 2012)

Clinicamente a MEA pode criar modelos *in vitro* de epilepsia, Alzheimer, Parkinson e outras doenças neurodegenerativas além de permitir testar fármacos e terapias sem necessidade de ensaios invasivos em animais (HENNINGSON, 2017). Frequentemente correlacionam com fenótipos de doença como epilepsia, alterações ligadas a A β em Alzheimer, disfunção dopaminérgica em Parkinson (VARGHESE, 2010; PARODI, 2024; ODAWARA, 2018; O'CONNELL, 2024/2025; BRENT, 2021).

No setor das engenharias é uma ferramenta fundamental para desenvolver interfaces neurais e sistemas híbridos bioeletrônicos, onde redes neuronais interagem com inteligência artificial com relevante papel como base para pesquisas de computação neuromórfica (MEA e neurônios derivados de células tronco de pluripotência induzida - hiPSC), inspirada na dinâmica real do cérebro. Transforma numa intrigante a possibilidade de observar padrões de atividade espontânea complexa, semelhantes a estágios iniciais de desenvolvimento cortical e com isso levanta questões éticas sobre o limiar de “atividade consciente” em sistemas biotecnológicos (ZANINI, 2024).

Tipicamente a metodologia adaptada para essa técnica de análise se resume em preparar a amostra por cultivo de neurônios ou organoides sobre uma matriz com dezenas a milhares de microelétrodos. Seguido do registro contínuo da atividade elétrica em múltiplos canais e posterior análise dos sinais por detecção de *spikes* e cálculo da taxa de disparo, medidas de coerência, sincronização e conectividade funcional, aplicação de testes estocásticos, estatísticos e de teoria da informação (como entropia e correlação cruzada) e finalmente adesão de intervenções experimentais tais como estímulos farmacológicos, ópticos (opto genética) ou elétricos com tendência a experimentações com estímulos sonoros espirituais (preces e recitações sagradas), isso porque tais sistemas poderiam atingir níveis mínimos de consciência (BOUVRIE; BAKER, 2004; HALES, 2010; NIKOLINI, 2022; KRISTENSEN, 2022; HUANG *et al.*, 2022; LIU *et al.*, 2024; WIGGINS, 2024)

A robustez da plataforma hiPSC-MEA para fenotipagem (BRENT, 2021) representam desafios das fronteiras entre o biológico e o computacional e a técnica possibilita criar bancos de dados comparáveis a EEGs humanos para modelar estados de consciência (sono, anestesia, coma, meditação etc.) e estabelecer pontes entre neurociência experimental, IA e filosofia da mente. Permite também explorar uma base empírica para investigar modelos artificiais de consciência e comparar padrões *in vitro* com EEGs humanos, inclusive em contextos de meditação e espiritualidade, onde a sincronia neuronal tem papel central.

A investigação da associação entre mediadores eletroencefalográficos (MEA) e estímulos espirituais constitui um campo emergente na neurociência da espiritualidade, buscando compreender como práticas como oração ou meditação religiosa modulam a atividade cerebral.

Estudos têm demonstrado que estados meditativos ou espirituais promovem alterações mensuráveis nas bandas alfa e teta do EEG, sugerindo uma correlação entre experiências de transcendência e sincronização neural (DAVIS, 2023). Além disso,

pesquisadores verificaram que a prática de oração ou meditação repetida, ao longo do tempo, pode estar associada ao engajamento de áreas cerebrais como o córtex cingulado medial, o córtex orbitofrontal e outras regiões relacionados à autorreflexão e à regulação emocional (DAVIS, 2023). Esse conjunto de evidências sustenta a hipótese de que estímulos espirituais não apenas evocam experiências subjetivas, mas também geram mudanças neurofisiológicas detectáveis, abrindo caminho para uma ponte científica entre espiritualidade e funcionamento cerebral.

5.3 Estado da arte - estimulação musical de culturas de células

Realizou-se um levantamento bibliográfico sistemático acerca de estudos que investigassem os efeitos da espiritualidade ou de estímulos meditativos diretamente aplicados a culturas de células. Entretanto, até o momento, não foram identificados trabalhos que abordem explicitamente essa temática na literatura científica. Diante dessa lacuna, decidiu-se ampliar o alvo da busca para incluir investigações que utilizassem estímulos análogos aos encontrados em práticas meditativas, de modo a fornecer um ponto de partida conceitual e metodológico.

Nesse contexto, a estimulação musical foi selecionada como alternativa relevante, uma vez que práticas meditativas frequentemente envolvem vocalizações, recitações espirituais e cânticos ritualísticos. Esses elementos, por sua natureza acústica, podem ser interpretados como formas básicas de estímulo sonoro ou musical, justificando sua utilização como modelo experimental aproximado para estudos em culturas celulares.

Tecnicamente a estimulação musical, a percepção do som e da música tem sido tradicionalmente associadas ao sistema auditivo, onde as vibrações são captadas pelas células auditivas e transformadas em sinais elétricos interpretados pelos centros nervosos superiores. Contudo, uma crescente e diversa área de pesquisa têm demonstrado que as vibrações musicais e sonoras transcendem a esfera auditiva, exercendo efeitos diretos e significativos em células não-auditivas em uma vasta gama de organismos.

Exbrayat (2019) sintetiza isso, classificando as pesquisas dispersas para fornecer uma base sobre os efeitos da música na biologia celular. As conclusões centrais apontam que o som e a música modulam a fisiologia por meio de mecanismos físico-químicos e moleculares, envolvendo moléculas como neurotransmissores, hormônios, citocinas e peptídeos. Tais efeitos foram demonstrados em aspectos cruciais da fisiologia celular, como o crescimento, a apoptose, a atividade de proteínas e a resposta do sistema imunológico. A grande variação de resultados

sugere que o estudo dos efeitos do som e, especialmente, da música nas células é um tema promissor, considerando as imensas possibilidades oferecidas pela música na modulação da fisiologia e seus potenciais aplicações terapêuticas.

Os efeitos diretos da música e do som foram particularmente explorados em modelos de cultura de células ou células isoladas. Em estudos com glóbulos vermelhos (eritrócitos) humanos, foi demonstrado que a música clássica e o rock reduziram a agregação dessas células, sendo um pouco mais importante no caso da música clássica. Além disso, a exposição a um Campo Eletromagnético Modulado por Música (TAMMEF), este foi um método específico usado em células sanguíneas (PBMCs) e em condrócitos osteoartríticos.

A música era utilizada para modular ou alterar as ondas de um campo eletromagnético (ELF), transmitindo assim a "informação" musical às células e influenciou a atividade da adenilato quinase, uma proteína de membrana essencial para a integração de sinais externos nas células, sugerindo que a música atua na manutenção e regulação da carga elétrica celular. Em culturas de condrócitos osteoartríticos humanos, a exposição ao TAMMEF, em comparação com campos eletromagnéticos de frequência extremamente baixa (ELF) puros, demonstrou ser mais benéfica: ela melhorou a proliferação celular, não gerou Espécies Reativas de Oxigênio (ROS), e não induziu apoptose.

Os condrócitos expostos ao TAMMEF apresentaram ainda uma melhor viabilidade e diferenças na expressão proteica, indicando melhora na resposta ao estresse e na regulação inflamatória. Em uma linhagem de células tumorais (MCF 7) derivada do câncer de mama, a música foi capaz de alterar o tamanho e a granularidade das células *in vitro*, o artigo não especifica como a música foi apresentada nesse caso. Tais evidências reforçam que as propriedades físicas e organizadas da música têm a capacidade de atuar em nível celular, apresentando potencial para o desenvolvimento de novas abordagens terapêuticas. Brun (2022) resume e discute a música e seus efeitos em nível molecular, aborda os impactos que as vibrações possuem em diferentes organismos, a pesquisa busca entender como as células não-auditivas respondem a esses estímulos.

A principal questão levantada pelo estudo está nos mecanismos bioquímicos envolvidos. A hipótese central é que as vibrações sonoras e musicais geram ondas de pressão que, ao atingir a membrana plasmática das células, causam alterações físico-químicas. Essas vibrações podem ativar receptores de superfície, como as proteínas G, e influenciar a abertura de canais iônicos, iniciando cascatas de sinalização química que, por consequência, modulam as reações metabólicas e a expressão gênica dentro da célula. Os pesquisadores indicam que o

som afeta a forma como as células crescem e como ocorre a morte celular programada (ou apoptose) de maneira muito semelhante em todos os tipos de células, sejam elas as que usamos para ouvir ou quaisquer outras do corpo. Isso sugere que existe um caminho de resposta ao som que é universal, independe do tipo de célula envolvido. Provas desse efeito em células que não são auditivas incluem, por exemplo, a mudança na forma como certas proteínas trabalham, e a alteração na atividade de genes responsáveis pela produção de hormônios.

A relevância desses mecanismos é substancial, sendo particularmente evidenciada em estudos que utilizam modelos animais, como ratos e camundongos. A exposição à música, por exemplo, demonstrou influenciar a neuroplasticidade fetal em ratas prenhas, um efeito que foi potencialmente relacionado à redução dos níveis do hormônio do estresse, a corticosterona, na circulação. Além disso, em filhotes de ratos, a música foi associada a um aumento na ingestão de alimentos e no ganho de peso corporal, coincidindo com uma elevação significativa na expressão de grelina em neurônios hipotalâmicos (a grelina é um hormônio conhecido por estimular o apetite). Experimentos adicionais indicam que as intervenções musicais têm a capacidade de aprimorar o aprendizado espacial e a memória em ratos, ilustrando de forma concreta a influência das vibrações acústicas em processos fisiológicos e cognitivos complexos.

Portanto, o artigo conclui que, apesar de o campo exigir o esclarecimento dos mecanismos moleculares exatos, os resultados obtidos até o momento são promissores. As vibrações sonoras são capazes de modular a fisiologia celular em diversos organismos e tipos celulares. Em humanos, a música demonstrou promover emoções positivas, alívio do estresse e melhoria da função imunológica, auxiliando na restauração da homeostase e na redução da dor, o que provavelmente se manifesta pela modulação dos eixos hormonais. Porém, os autores também alertam que a área é complexa, com resultados frequentemente diferentes devido à importância crítica do tipo de som ou música utilizado, por exemplo, pode induzir efeitos negativos, enquanto a música harmoniosa tende a ser benéfica. A necessidade de mais estudos controlados é enfatizada para que essa área de pesquisa se desenvolva em aplicações terapêuticas.

Kwak (2022) apresenta um modelo de trio de ritmos biológicos com o objetivo de promover estudos mais abrangentes sobre a estimulação mecânica rítmica em culturas de células, um campo relevante para a engenharia de tecidos e a medicina regenerativa. A pesquisa combina perspectivas da biologia e da musicologia para sublinhar a importância do ritmo nos sistemas biológicos, comparável à sua importância na música, onde é essencial para sustentar a vida e manter o equilíbrio (homeostase) entre o caos e a ordem. O trio é composto por três

ritmos que agem visando manter e regular a homeostase em um dado sistema. Os ritmos biológicos podem ser classificados em três níveis de escala temporal: os ultradianos, ciclos que se completam mais de uma vez por dia (incluindo ritmos celulares e cardiovasculares); os circadianos, ciclos que se completam diariamente e são ativados principalmente por padrões de luz e escuridão; e os infradianos, ciclos que duram mais de um dia, podendo se estender por meses ou anos (como ciclos menstruais).

O modelo do trio de ritmos é detalhado em: 1) Ritmos Centrais, que representam o centro de controle onde a informação é integrada e processada (Sistema Nervoso Autônomo); 2) Ritmos Internos/Externos, que incluem fenômenos rítmicos endógenos ou exógenos que atuam como sensores e sinalizam mudanças ao ritmo central; e 3) Ritmos Reflexos/Consequenciais, que são os resultados determinísticos das interações entre os dois primeiros, essenciais para manter o equilíbrio (exemplos são o estiramento dos vasos sanguíneos para manter a pressão arterial e a secreção síncrona de insulina).

No entanto, o artigo ressalta que a área de estimulação mecânica rítmica em culturas de células é amplamente inexplorada. Um dos principais desafios é simular um ambiente dinâmico *in vivo* para modelos *in vitro*. A pesquisa futura se concentra na aplicação do modelo do trio na engenharia de tecidos e na medicina regenerativa. A regulação dos genes circadianos através de estímulos mecânicos aumenta a utilidade da pesquisa para transplante de células e medicina personalizada. O uso de sistemas micro fisiológicos (são dispositivos em escala milimétrica que usam engenharia de micro fluídica para mimetizar as funções, a fisiologia e a resposta mecânica de órgãos humanos) é visto como o caminho promissor, pois oferece a vantagem de controlar a magnitude e a ritmicidade das forças mecânicas, simulando de forma mais precisa aspectos da fisiologia humana. As pendências incluem a necessidade de mais estudos para otimizar os estímulos e a compreensão dos mecanismos, já que a sensibilidade e a resposta mecânica das células são rítmicas e variam com a idade e o tipo celular.

Em uma proposta de revisão sobre a estimulação musical (KWAK, 2022) analisou o impacto de estímulos sonoros audíveis, incluindo música e sons puros, em culturas celulares. As palavras utilizadas para a pesquisa foram: *sound*, *music*, *acoustic stimulation* e *cell culture*, bem como combinações como “*sound stimulation on cell culture*,” “*music stimulation on cell culture*,” e “*acoustic stimulation on cell culture*.” Esse processo de busca ocorreu em bases de dados reconhecidas, especificamente PubMed e Google Scholar, cobrindo o período de 1º de julho de 2019 a 20 de junho de 2020.

Após a busca inicial, um total de 95 registros foram encontrados. A primeira etapa de triagem consistiu na remoção de 7 estudos duplicados. Em seguida, os pesquisadores analisaram os títulos, resumos e, quando necessário, o conteúdo preliminar dos artigos restantes para verificar sua relevância. 74 estudos foram eliminados, por não atenderem aos critérios: alguns não envolviam células em cultura, ou seja, não eram estudos *in vitro*, bem como outros não utilizavam som audível, ou estavam em idiomas diferentes do inglês. Esse rigor garantiu que apenas estudos válidos, comparáveis e dentro do alvo tratado fossem mantidos.

Por fim, dois artigos não tiveram seus textos completos acessados e foram excluídos. Com isso, o conjunto final incluiu 12 estudos que preencheram todos os critérios de elegibilidade, e estes foram submetidos a uma análise qualitativa aprofundada. A metodologia evidencia um processo de filtragem progressiva, típico de revisões sistemáticas, que busca máxima precisão e confiabilidade nos resultados. A análise das tabelas apresentadas no artigo revela uma diversidade significativa nos parâmetros utilizados para a aplicação de estímulos sonoros em culturas celulares.

Os estudos incluídos empregam diferentes tipos de som, como música, tons puros ou ruído; variando amplamente em frequência de 55 Hz mais baixo e 10.000 Hz mais elevado, intensidade e tempo de exposição variando entre 5 minutos e 168 horas. Essa heterogeneidade metodológica demonstra a não existência de protocolos padronizados para a utilização de som como intervenção em ambiente *in vitro*, dificultando a comparação direta entre os achados além de comprometer a reprodutibilidade dos experimentos.

Outro aspecto relevante observado nas tabelas é a variedade de linhagens celulares estudadas e suas respostas diferenciadas ao estímulo acústico. Foram identificadas células humanas, animais e embrionárias, cada uma apresentando padrões específicos de resposta em termos de proliferação, viabilidade, organização estrutural ou expressão gênica. Esses dados sugerem que a interação entre som e células não é universal, mas dependente tanto das características fisiológicas de cada tipo celular quanto dos parâmetros sonoros aplicados.

A aplicação do estímulo sonoro nos estudos analisados ocorre predominantemente por meio de alto-falantes posicionados próximos às culturas celulares, variando geralmente entre 1 e 30 cm de distância. Esses sistemas de som reproduzem arquivos de música, tons puros ou ruídos, nunca envolvendo instrumentos tocados ao vivo, justamente para garantir maior controle sobre frequência, intensidade e tempo de exposição.

Por fim, os resultados compilados demonstram que a maioria dos estudos relata algum tipo de efeito biológico decorrente da exposição ao som seja ele positivo, negativo ou

neutro. Os efeitos positivos referem-se a respostas como aumento da proliferação celular, maior viabilidade, aceleração de processos de diferenciação ou melhora na organização estrutural da cultura. Já efeitos negativos incluem redução da viabilidade, diminuição da proliferação, indução de estresse celular, alterações morfológicas indesejadas ou mudanças que comprometem a função da célula. Por outro lado, alguns trabalhos relatam efeitos neutros, quando o estímulo sonoro não produz alterações significativas nos parâmetros avaliados, indicando que nem todo som gera resposta mensurável ou biologicamente relevante em células *in vitro*.

Assim, as tabelas reforçam que o som não deve ser considerado intrinsecamente benéfico ou prejudicial; sua influência depende do contexto experimental, destacando a necessidade de estudos mais padronizados e comparativos que permitam a construção de conclusões sólidas.

Como resultados pontuais do impacto da música em células humanas, que não possuem estruturas auditivas, o estudo de Lestard (2016) demonstrou que elas ainda assim são capazes de responder a estímulos sonoros. Os resultados revelaram que a exposição musical modificou tanto a viabilidade quanto a motilidade celular, sugerindo que o som, mesmo em culturas *in vitro*, pode atuar como um agente físico capaz de influenciar comportamentos celulares. Esse achado é particularmente relevante porque indica que células comuns do organismo, sem especialização auditiva, são sensíveis a vibrações acústicas, abrindo caminho para novas abordagens experimentais.

Na metodologia aplicada por Lestard (2016), a música foi apresentada às culturas celulares de forma altamente controlada. As células foram expostas por 30 minutos a uma das três composições: Mozart KV 448, Beethoven 5ª Sinfonia ou Ligeti-Atmospheres; todas reproduzidas a 37 °C dentro de uma câmara de incubação. O som era emitido por um alto-falante coaxial (modelo AR 5c, 60 W), posicionado no teto da incubadora, cuja estrutura interna estava revestida com cortiça e espuma para garantir isolamento acústico adequado e impedir interferências externas. Os níveis de pressão sonora foram mantidos entre 70 e 100 dB, já que as obras selecionadas variam naturalmente entre trechos mais suaves como sons de piano e mais intensos do tipo som forte.

Para assegurar um controle rigoroso, o estudo incluiu dois grupos-controle essenciais: um em silêncio absoluto, com o alto-falante desligado, e outro com o alto-falante ligado na energia, porém sem emitir som, permitindo avaliar se o ruído de fundo da incubadora ou o campo magnético do equipamento poderiam influenciar as células. Essa metodologia

evidencia que o estímulo musical foi cuidadosamente aplicado como um fator acústico isolado, garantindo que os efeitos observados na viabilidade e motilidade celular fossem de fato consequência da vibração sonora e não de outros elementos ambientais (LESTARD, 2016)

A pesquisa mostrou que a música exerce efeitos dependentes do tipo de estímulo e do tempo de exposição. Em alguns casos, observou-se redução da viabilidade celular, sugerindo possível indução de estresse ou alteração metabólica. Por outro lado, dados também indicaram mudanças na motilidade, o que aponta para uma possível reorganização do citoesqueleto ou modificação na adesão celular. Essas respostas biológicas demonstram que a vibração sonora pode atuar diretamente no microambiente celular, influenciando processos essenciais como migração, proliferação e sobrevivência (LESTARD, 2016)

Assim, o estudo de Lestard (2016) sugere que a música não deve ser vista apenas como um fenômeno sensorial humano, mas como um fator físico com potencial para interferir em propriedades celulares fundamentais. Essas evidências ampliam a compreensão dos efeitos do som no nível biológico e indicam a necessidade de investigações mais aprofundadas, com maior controle de parâmetros acústicos e tipos celulares, para explorar possíveis aplicações terapêuticas ou biotecnológicas.

Atualmente Mora-Raimundo (2025) investiga como estímulos musicais podem influenciar processos de entrega de nanopartículas lipídicas e transcrição de mRNA em células do cérebro. A metodologia envolveu a exposição das culturas celulares e dos modelos *in vivo* a música reproduzida por alto-falantes posicionados próximos aos frascos de cultura ou aos animais, mantendo distância fixa para garantir uniformidade vibracional. Embora o artigo não padronize um único gênero musical, foram utilizados estímulos rítmicos e melódicos com variação de frequências audíveis, geralmente faixas instrumentais contínuas, justamente para produzir padrões vibratórios estáveis capazes de interagir com as membranas celulares. A música foi aplicada antes, durante e após a administração das nanopartículas contendo mRNA, permitindo avaliar tanto efeitos imediatos quanto prolongados do estímulo acústico na internalização e expressão do material genético.

Os resultados da pesquisa de Mora-Raimundo (2025) demonstraram que a música potencializa significativamente a entrega de nanopartículas ao tecido cerebral, bem como aumenta a eficiência de transcrição do mRNA dentro das células. Em modelos *in vitro* e *in vivo*, a presença de música elevou a captação de nanopartículas por neurônios e células gliais, sugerindo que o estímulo sonoro pode alterar propriedades da membrana celular ou modular vias de endocitose. Observou-se também um aumento expressivo na tradução do mRNA,

indicando que o som pode atuar não apenas na etapa de internalização, mas também nos mecanismos intracelulares relacionados à expressão gênica.

Em conclusão Mora-Raimundo (2025) apontam para um novo campo de investigação no qual a música, enquanto forma organizada de vibração acústica, pode se tornar um coadjuvante em terapias baseadas em nanopartículas e engenharia genética. A pesquisa reforça a hipótese de que o som atua como um estímulo físico capaz de modificar a dinâmica celular, não apenas em termos de proliferação ou motilidade de acordo com estudos anteriores, mas também na facilitação de processos moleculares altamente específicos. Esses achados abrem perspectivas para o uso de música como ferramenta adjunta em tratamentos neurológicos, aumentando a precisão e a eficácia da entrega de moléculas terapêuticas ao cérebro.

5.4 Análise dos sinais eletrofisiológicos obtidos por MEAs utilizando testes estocásticos descritivos baseados na estrutura da densidade de probabilidade

O objetivo deste subitem é apresentar um estudo quantitativo baseado num experimento realizado laboratorialmente, envolvendo culturas de células. Inicialmente, o objetivo era implementar a estimulação meditativa das culturas. Porém isto não foi possível devido a limitações do tempo de doutorado, e, portanto, os resultados abaixo se referem à atividade elétrica de repouso, que funciona como grupo controle para um futuro estudo envolvendo estimulação meditativa.

5.4.1 Preparação da cultura de células neurais

Neste trabalho foram utilizados neurônios do córtex e do hipocampo cerebral, obtidos de seis a oito embriões de ratos Wistar em seu 18º dia de desenvolvimento após anestesia e tomados todos os cuidados necessários, estipulados pelo Comitê de Ética da Universidade de Gênova. Chiappalone (2003) fornece maiores detalhes sobre o preparo de culturas neuronais dissociadas. Os embriões foram retirados de uma ou mais ratas grávidas. As partes do cérebro que utilizadas foram removidas com a ajuda de um fórceps afiado e, em seguida, cortadas em pedaços menores. Todo o procedimento de dissecação ocorreu em ambiente esterilizado.

O procedimento geral para cultivar neurônios corticais foi dividido em quatro fases:

- a) Fase 1 - Preparação da pré-cultura: Foi feita uma solução de Poli-D-Lisina (PDL) na concentração de 0,1 mg/ml de água destilada e acrescentado 80-100mL desta solução no arranjo de substratos, esta solução descansou por uma noite. No dia seguinte, retirou-se o PDL e o lavou com água destilada para limpar o excesso, uma vez que ele, em solução, é tóxico para as células. Depois disso, aplicou-se a solução de Laminina a 0,02mg/ml e a deixou descansar durante 2 a 3 horas. Por fim, retirou-se a solução de Laminina, lavando duas vezes com água destilada e foi feita a secagem das lâminas antes de aplicar as células.
- b) Fase 2 - Dissecção: Neurônios corticais são obtidos de embriões de ratos com 18 ou 19 dias de desenvolvimento. Os passos principais do procedimento de dissecção foram listados abaixo:
- Anestesia da rata preta com O₂/CO₂;
 - Remoção de todo o útero com os embriões e a disposição sobre uma placa de Petri com HBSS (Solução Salina Balanceada de Hank);
 - Separação e isolamento dos lobos corticais dos embriões e remoção completa das meninges antes de extrair o hipocampo; e
 - Localização do bulbo olfatório na borda rostral e o corte ao longo com o fórceps.
- c) Fase 3 - Dissociação das células: Foi feito o corte de cada córtex em partes pequenas e a transferência, com uma pipeta de Pasteur sinalizadora, para um tubo de centrifuga de 15 ml, contendo 2-3 mL de solução de tripsina a 0,125%, para cada córtex. Este tubo foi colocado em água aquecida à 37°C. Posteriormente, a tripsina foi retirada com auxílio da pipeta. A digestão proteolítica foi bloqueada adicionando ao tecido cerca de 5-8mL de meio neuro basal contendo 10% de soro FBS. Posteriormente, cada suspensão de células foi centrifugada por 5 minutos a 900-1000 rpm e as células foram retidas em 10mL de meio neuro basal suplementado com 2% de B-27 e 1% de Glutamax-1. A suspensão das células corticais foi diluída a uma concentração final de $6 - 8 \times 10^5$ células por ml e 60 – 80 µL em cada um dos poços de cultura do arranjo microelétrodo.
- d) Fase 4 - Manutenção da cultura: O preparo biológico foi colocado em uma incubadora umedecida com atmosfera de 5% de CO₂ a 37°C. Usou-se Ara-C (Citosina Arabinosídeo Trifosfato), que atua como um inibidor de replicação e crescimento excessivo de células não neurais.

5.4.2 Aquisição dos sinais MEA

Para a aquisição dos sinais MEA foi utilizado a MEA60, devidamente ajustado e calibrado a fim de garantir medidas condizentes e minimizar os efeitos da incerteza de medição, que contém 60 microeletrodos de 30 micrômetros de diâmetro cada e 200 micrômetros de espaçamento entre eles, fabricada pela empresa Multichannel Systems. Esses eletrodos são distribuídos em uma matriz 8x8, com os cantos excluídos. Cada registro de atividade elétrica seguiu o mesmo procedimento: as MEAs, incluindo as culturas plaqueadas, eram retiradas da estufa de CO₂ na qual eram mantidas, e colocadas sobre um amplificador cuja temperatura era controlada, podendo variar de 37,1 a 37,4 °C. As medidas eram iniciadas após 20 minutos, com o objetivo de permitir às células se adaptarem ao novo ambiente. Em cada experimento coletaram-se 20 minutos de amostra do sinal da MEA, divididos em quatro fases de 5 minutos cada.

Em todas as MEAs que foram coletados sinais, o eletrodo 15 não possui registro de atividade neural, apenas o sinal de fundo, que corresponde aos ruídos que influenciam no sinal. A frequência de aquisição dos sinais para os experimentos foi de 10 kHz. Completam o aparato experimental um microscópio invertido, uma mesa antivibratória, um controlador de temperatura, uma gaiola de Faraday e um computador equipado com placa PCI de aquisição de dados com no máximo 128 canais de registro e 12 bits de resolução. Os dados foram monitorados e gravados usando o software comercial MCRack.

As coletas foram realizadas por um membro da equipe de pesquisa junto à Universidade de Gênova, Itália.

Ao todo foram coletados dados de sinal MEA de 85 dias *in vitro* de dez experimentos diferentes, ou seja, de dez placas de cultura de células de neurônios do córtex e do hipocampo cerebral, obtidos de seis a oito embriões de ratos Wistar em seu 18º dia de desenvolvimento. Estas dez placas de cultura celular, preparadas e mantidas sob as mesmas condições, foram submetidas ao sistema MEA60 para coleta da atividade elétrica espontânea por 20 minutos durante toda a vida do seu agrupamento celular.

5.4.3 Análise quantitativa

A análise clássica compreende a obtenção de parâmetros relevantes a respeito do sinal MEA da cultura neuronal. Para aplicação desta metodologia, que inclui a detecção de

spikes, foi utilizado software desenvolvido pelo NBT-DIBE (Neuroengineering and Bio-nanoTechnology Group – NBBT, Department of Biophysical and Electronic Engineering – DIBE) da Universidade de Gênova, denominado SpikeManager (CHIAPPALONE, 2003). Tal processamento experimental foi realizado junto ao experimento denominado 364 para fins comparativos aos resultados dos quantificadores não lineares propostos. Destacam-se neste trabalho os seguintes quantificadores da análise clássica: intervalos entre *spikes* (ISI – Inter Spike Interval), intervalos entre *bursts* (IBI – Inter Burst Interval) e o número total de *spikes* e *bursts* para cada DIV.

Também foram usados quantificadores não-lineares, discutidos detalhadamente em (FARIA, 2025), dos quais se destacam: expoente de Hurst, teste MRT (“Mean-Ratio Test”) para avaliação da estacionariedade, e o teste de Jarque-Bera para avaliação da gaussianidade.

5.5 Resultados e Discussões

A Figura 10 abaixo resume os principais resultados quantitativos obtidos, considerando-se os valores de mediana obtidos dos quantificadores, no contexto dos 60 microeletrodos, 20 minutos de registro, e de 10 diferentes culturas de células mensuradas. O eixo vertical denota a porcentagem de trechos de sinal não-estacionários PSNE, curva azul; ou a porcentagem de trechos de sinal não-gaussiano PSNG, curva marrom. Já o eixo horizontal representa a evolução do tempo de registro, ao longo do tempo de vida das culturas, expresso em DIV (“Day In Vitro”).

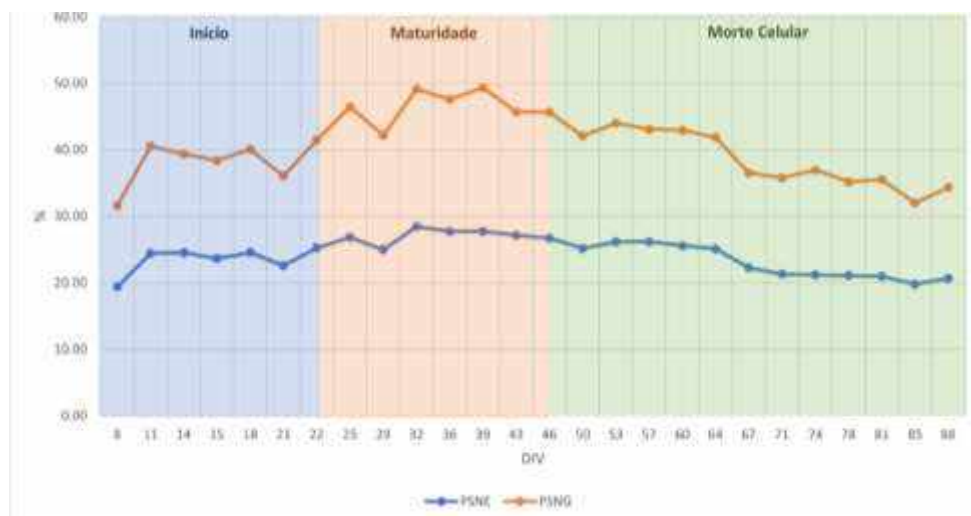


Figura 10 - Resultados médios de PSNG e PSNE para os DIV registrados dos 10 experimentos MEA considerados neste trabalho. Identificação das fases de crescimento celular
Fonte: Elaborador pelo autor, 2025.

Observam-se claramente três diferentes fases na atividade elétrica espontânea dessas culturas, quando consideramos todo seu período de vida, ou seja, desde o plaqueamento na MEA até a inviabilidade total, ou apoptose da cultura: início ou desenvolvimento (DIV1 – DIV22), maturidade (DIV23-DIV46), e morte celular (DIV47 – DIV 88).

No início do desenvolvimento há em média de 32% a 42% dos segmentos não gaussianos ($37,84 \pm 2,56$) e de 19% a 25% dos segmentos não estacionários ($23,25 \pm 3,25$), o que sugere menor atividade elétrica espontânea e um sinal composto em sua maioria de ruído biológico e ruído de instrumentação (este último completamente gaussiano e estacionário). Na maturidade da rede neural já se observa um maior número de segmentos não gaussianos, em torno de 49 a 50% ($49,21 \pm 6,9$), e de 25% a 28% ($26,91 \pm 4,52$) de segmentos não estacionários. Isto reflete a completa maturação das conexões excitatórias desta fase do crescimento celular, em que o padrão de conectividade sináptica atingiu a estabilização com elevado número de *spikes* e *bursts*. De fato, estas duas últimas formas de onda explicam o fato do sinal ser fortemente não-estacionário e não-gaussiano.

Por sua vez, a morte celular apresentou PSNG em torno de 35% a 42% ($38,03 \pm 5,49$), superior ao PSNG da fase inicial, porém inferior ao PSNG da fase de maturidade celular. A mesma análise se reflete na análise do descritor PSNE, em que na morte celular apresentou um resultado de 20% a 26% ($23,89 \pm 4,65$). A partir da Figura 10, é possível observar a tendência do aumento de segmentos gaussianos e estacionários à medida que a cultura de células envelhece, ou seja, a medida em que os agrupamentos de células neuronais morrem, reduzindo ao máximo a comunicação entre os diversos grupos celulares componentes da cultura, de tal forma que a atividade elétrica captada seja composta por ruído biológico.

5.6 Conclusões

5.6.1 Conclusões do Experimento - Subitem 5.5

- a) O estudo estabeleceu um grupo controle sólido para pesquisas futuras sobre estimulação meditativa, descrevendo quantitativamente a atividade elétrica espontânea, em repouso, de redes neuronais corticais e hipocampais cultivadas *in vitro*.
- b) As culturas neurais exibem três fases eletrofisiológicas bem definidas ao longo da vida:

- Desenvolvimento (DIV 1–22): baixa conectividade, predominância de ruído biológico e instrumentação; maior estacionariedade e gaussianidade dos sinais, refletindo baixa organização sináptica;
 - Maturidade (DIV 23–46): máxima conectividade espontânea; alta ocorrência de *bursts* e *spikes*; forte não-estacionariedade e não-gaussianidade, indicando complexidade funcional característica de redes maduras; e
 - Morte celular (DIV 47–88): redução gradual dos picos e da conectividade; aumento de trechos estacionários e gaussianos, devido ao declínio das interações sinápticas, até a predominância de ruído biológico.
- c) A fase madura (DIV 23–46) servirá como alvo ideal para estudos de estimulação meditativa/espiritual no futuro, pois é o período em que a rede atinge máxima responsividade e complexidade elétrica, aumentando sensibilidade a estímulos externos.
- d) O declínio eletrofisiológico durante a apoptose confirma a relação direta entre complexidade neural e comunicação sináptica, reforçando que a não-gaussianidade e a não-estacionariedade são marcadores quantitativos da vitalidade funcional da rede.
- e) Os resultados validam o uso de análises não lineares como ferramenta essencial para experimentos futuros com estímulos meditativos, visto que a detecção de efeitos sutis (e possivelmente moduladores) poderá depender justamente de parâmetros que escapam às métricas convencionais.

5.7 Síntese do Capítulo 5

A incorporação de técnicas avançadas de análise neuronal, como análises estocásticas, medidas de coerência funcional, conectividade e métricas de redes complexas tem ampliado significativamente a compreensão dos mecanismos bioelétricos que sustentam a atividade neural. A simultânea aplicação dessas ferramentas a registros de EEG e a culturas neuronais monitoradas por MEAs (*microelectrode arrays*) permite uma aproximação multiescalar entre dados *in vivo* e modelos reduzidos *in vitro*. Essa convergência metodológica evidencia que circuitos celulares, embora simplificados, preservam características fundamentais da dinâmica cerebral, como excitabilidade, plasticidade, ritmicidade e sincronização populacional. Estudos demonstram que culturas neuronais apresentam oscilações espontâneas, surtos rápidos de disparos e padrões rítmicos comparáveis aos observados no EEG, permitindo investigar correlações entre fenômenos micro e macroscópicos, refinando

modelos neurofisiológicos e abrindo espaço para pesquisas translacionais em neurociência computacional, farmacologia e estados alterados de consciência (POTTER, 2001; WAGENAAR, 2006; CHIAPPALONE, 2006).

Nesse cenário, culturas celulares assumem papel central como plataforma biomédica. Elas permitem o estudo controlado de células humanas e animais, preservando a viabilidade e funcionalidade por meio de um microambiente artificial padronizado que reproduz temperatura, pH, nutrientes e atmosfera (FRESHNEY, 2016). A evolução de sistemas clássicos bidimensionais (2D) para modelos tridimensionais (3D) como organoides, hidrogéis e sistemas micro fluídicos aumentou a fidelidade fisiológica das culturas, permitindo maior realismo em interações célula–célula, formação de matriz extracelular e gradientes bioquímicos. Essas plataformas mais complexas reduziram discrepâncias históricas entre achados *in vitro* e resultados clínicos, impactando diretamente a farmacologia, engenharia de tecidos e medicina regenerativa (JENSEN, 2020; CACCIAMALI, 2022).

No contexto neurocientífico, culturas neuronais integradas a MEAs tornam-se ferramentas especialmente relevantes. As MEAs registram simultaneamente potenciais de ação e potenciais de campo local de centenas a milhares de neurônios, preservando o tecido e permitindo análises dinâmicas ao longo do desenvolvimento das redes. Além de investigarem sincronização, plasticidade e padrões oscilatórios semelhantes às bandas do EEG (alfa, beta, gama), esses sistemas são utilizados para modelagem de doenças como epilepsia, Alzheimer e Parkinson, avaliação de fármacos e desenvolvimento de interfaces neurais e sistemas neuromórficos híbridos que associam neurônios a algoritmos de inteligência artificial. Avanços com neurônios derivados de células-tronco pluripotentes induzidas (hiPSC) ampliam ainda mais o potencial dessas plataformas, aproximando estudos *in vitro* de características eletrofisiológicas humanas e permitindo investigar estados de consciência e cognição em sistemas biotecnológicos, inclusive gerando debates éticos sobre limites da consciência artificial (LIU, 2024; ZANINI, 2024; BRENT, 2021).

Como não há, até o momento, trabalhos que investiguem diretamente a ação de estímulos espirituais ou meditativos sobre culturas de células, a literatura existente sobre estimulação musical surge como ponte conceitual. Recitações espirituais, mantras e cantos ritualísticos são, essencialmente, estímulos acústicos organizados, o que aproxima estudos musicais de pesquisas futuras com espiritualidade em MEAs. Evidências mostram que sons e vibrações musicais afetam diretamente células não auditivas, modulando vias moleculares, expressão gênica, respostas inflamatórias, viabilidade celular e processos como apoptose e

proliferação. Intervenções acústicas podem alterar proteínas de membrana, canais iônicos e cascatas bioquímicas, influenciando inclusive hormônios e neurotransmissores, efeitos observados tanto em culturas celulares quanto em modelos animais, nos quais se verificam alterações neuroplásticas, hormonais e comportamentais (EXBRAYAT, 2019; BRUN, 2022). Essa literatura indica que a vibração sonora constitui estímulo físico capaz de modificar processos celulares em múltiplas escalas.

Assim, a ausência de pesquisas diretas sobre espiritualidade em culturas neuronais não representa limitação, mas oportunidade científica inédita. A integração entre MEAs, análise avançada de sinais e estímulos sonoros espiritualizados pode inaugurar um campo novo na neurociência da espiritualidade, permitindo explorar os efeitos celulares e biofísicos da meditação e da música sagrada. O estudo experimental apresentado no capítulo que se refere ao registro de repouso em culturas neuronais não estimuladas torna-se, portanto, etapa necessária: estabelece um grupo controle a ser futuramente comparado com culturas submetidas a estímulos espirituais, especialmente sonoros. Esse caminho propõe uma ponte inédita entre neurociência experimental, espiritualidade e engenharia biomédica, abrindo perspectivas para compreender como a dimensão espiritual pode interagir com os mecanismos celulares da vida.

.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES GERAIS E PERSPECTIVAS

6 CONCLUSÕES GERAIS

6.1 Contribuição do EEG Associadas à Meditação

Em seres humanos, práticas meditativas alteraram padrões temporais e estatísticos de EEG, produzindo aumento consistente de potência alfa, associado a foco atencional, relaxamento, coerência funcional e autorregulação emocional; reorganizações adicionais foram detectadas nas bandas gama e super-gama, relacionadas à integração sensorial e possíveis estados ampliados de consciência.

O EEG revelou reorganizações significativas entre condições experimentais, com variações médias de 12% em regiões frontais, centrais e temporais, chegando a 25% em determinadas condições (“Silêncio × Música” e “Silêncio × Meditação”), indicando mecanismos compartilhados de reorganização cortical modulada por estímulos sonoros e contemplativos.

Diferentes estímulos meditativos produzem efeitos semelhantes, reforçando a frequência alfa como marcador clássico de estados mentais autorregulados.

6.2 Contribuição da análise estocástica descritiva em culturas de células

O estudo estabeleceu um grupo controle robusto para futuras pesquisas sobre estímulos meditativos/espirituais, caracterizando quantitativamente a atividade elétrica espontânea de redes neurais corticais e hipocampus in vitro,

A evolução da atividade elétrica em culturas neurais apresentou três fases eletrofisiológicas bem definidas, sendo a primeira a fase do desenvolvimento, de baixa conectividade sináptica (que indica baixa organização funcional); a segunda é a fase da maturidade, quando ocorre máxima conectividade espontânea e alta ocorrência de *bursts* e *spikes*, (caracterizando complexidade funcional); a terceira fase sendo a morte celular, com a redução progressiva de picos e de conectividade, refletindo declínio da comunicação sináptica.

A fase madura foi identificada como a mais propícia para experimentos com estimulação meditativa/espiritual, por apresentar máxima responsividade elétrica e maior sensibilidade a perturbações externas.

O declínio eletrofisiológico observado no apoptose confirmou que a vitalidade neural está relacionada diretamente à comunicação sináptica, sendo a não-gaussianidade e a não-estacionariedade marcadores quantitativos confiáveis de funcionalidade neural, aplicáveis tanto em MEAs quanto em EEG.

A integração entre MEAs, EEG e métodos estatísticos avançados evidências que a neuro espiritualidade pode ser investigada de forma quantitativa e multiescalar, abrangendo desde redes neuronais dissociadas até sistemas corticais complexos, fato que inaugura uma nova perspectiva científica para o estudo da vitalidade neural, estados alterados de consciência e modulação meditativa do cérebro.

6.3 Base de dados de estimulação meditativa sobre indivíduos neurologicamente normais

Perfis socioculturais demonstraram relevância científica: praticantes apresentavam maior vínculo religioso, idade mais avançada e preferência por música gospel, enquanto não praticantes eram jovens universitários com baixo envolvimento espiritual.

Essas diferenças socioculturais podem influenciar respostas meditativas e padrões eletrofisiológico. Essas diferenças socioculturais representam variáveis de fundo que podem influenciar a vivência meditativa, a responsividade emocional e, potencialmente, padrões eletrofisiológicos, devendo ser controladas em estudos futuros.

6.4 Perspectivas futuras

- a) Perspectivas sobre mecanismos neurofisiológicos: Investigar sistematicamente como práticas espirituais modulam redes frontais, parietais e temporais, incluindo estudos longitudinais para mapear plasticidade associada ao bem-estar.
- b) Aplicações clínicas e biomarcadores: Avançar na validação de marcadores eletrofisiológicos (alfa, gama, coerência, assimetria frontal) e no uso de estímulos espirituais em contextos clínicos complexos com rigor ético e metodológico.
- c) Integração EEG–MEA e modelos comparativos: Fortalecer a ponte entre registros humanos e celulares, aplicando análises estocásticas e densidade de probabilidade para aprimorar modelos de neuro dinâmica comparada.

- d) Métodos quantitativos avançados: Expandir o uso de técnicas não lineares, estocásticas e multiescalares, desenvolvendo biomarcadores integrativos que combinem EEG, índices autonômicos e variáveis comportamentais.
- e) Perspectivas éticas e humanizadoras: Considerar a espiritualidade como componente neuropsicológico e fisiológico relevante para cuidados holísticos em populações vulneráveis.
- f) Diretrizes metodológicas futuras: Aumentar a quantidade de voluntários da base de dados construída, aprofundando o estudo das faixas gama e super-gama, expandindo a diversidade das tradições meditativas consideradas.

REFERÊNCIAS

- ABIDI, A.; BEN KHALIFA, K.; BEN CHEIKH, R.; VALDERRAMA SAKUYAMA, C. A.; BEDOUI, M. H. Automatic detection of drowsiness in EEG records based on machine learning approaches. *Neural Processing Letters*, v. 54, p. 5225–5249, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11063-022-10858-x>. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Distribution-of-electrodes-All-recordings-used-four-EEG-channels-two-central-zones-C3_fig2_360848623. Acesso em: 28 out. 2025.
- ADEEL, M. *et al.* 3D bioprinted neural tissues integrated with microelectrode arrays for functional neuroengineering applications. *Biofabrication*, v. 15, n. 2, p. 025012, 2023.
- AFTANAS, L. I.; GOLOCHEIKINE, S. A. Human anterior and frontal midline theta and lower alpha reflect emotionally positive state and internalized attention: high-resolution EEG investigation of meditation. *Neuroscience Letters*, v. 310, n. 1, p. 57–60, 2001. DOI: 10.1016/S0304-3940(01)02094-8.
- AGARWALL, S.; KUMAR, V.; AGARWALL, S.; BRUGNOLI, M. P.; AGARWAL, A. E. P. Sena. Meditational spiritual intercession and recovery from disease in palliative care: a literature review. *Annals of Palliative Medicine*, Hong Kong, v. 7, p. 41–62, 2018. DOI: 10.21037/apm.2017.08.08.
- AGUERRE, N. V. *et al.* Electrophysiological correlates of dispositional mindfulness: a quantitative and complexity EEG study. *British Journal of Psychology*, v. 114, n. 3, p. 566–579, 2023. DOI: 10.1111/bjop.12636.
- AHANI *et al.* Quantitative change of EEG and respiration signals during mindfulness meditation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, v. 11, p. 87, 2014. DOI: 10.1186/1743-0003-11-87.
- ALBERTS, B. *et al.* *Molecular biology of the cell*. 6. ed. New York: Garland Science, 2017.
- AL-SAEGH, A.; AL-MOHY, M.; AL-QARAAWI, A. Deep learning for motor imagery EEG-based classification: a review. *Biomedical Signal Processing and Control*, v. 63, p. 102172, 2020. DOI: 10.1016/j.bspc.2020.102172.
- ALVES, C. F. M.; COLANTONI, M. A.; SOARES, E. de P. N.; RAMOS, M. A. Estudo de estímulos meditativos com base na eletroencefalografia (EEG) e no quantificador coeficiente de variação. In: XVIII CEEL – Conferência de estudos em engenharia elétrica, 2020, Uberlândia. Anais... Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2020. DOI: 10.14295/2596-2221.xviiiiceel.2020.601.
- AMARTUMUR, S. *et al.* Neuropathogenesis-on-chips for neurodegenerative diseases. *Nature Communications*, 2024. DOI: 10.1038/s41467-024-46554-8.
- AMERICAN CLINICAL NEUROPHYSIOLOGY SOCIETY (ACNS). Guideline 5: guidelines for standard electrode position nomenclature. *Journal of Clinical Neurophysiology*, v. 23, n. 2, p. 107–110, 2006. DOI: 10.1097/00004691-200604000-00006.

ANDRZEJAK, R. G. *et al.* Indications of nonlinear deterministic and finite-dimensional structures in time series of brain electrical activity: dependence on recording region and brain state. *Physical Review E*, v. 64, n. 6, p. 061907, 2001. DOI: 10.1103/PhysRevE.64.061907.

AWASTHI, A.; NIRAJ, A. Effects of meditation on brain wave patterns: a review. *International Journal of Yoga*, v. 12, n. 2, p. 151–156, 2019.

AZARI, N. P. *et al.* Neural correlates of religious experience. *European Journal of Neuroscience*, v. 13, n. 8, p. 1649–1652, 2001. DOI: 10.1046/j.0953-816x.2001.01527.x.

BALBONI, T. A. *et al.* Spirituality in serious illness and health. *JAMA*, v. 328, n. 2, p. 184–197, jul. 2022. DOI: 10.1001/jama.2022.11086.

BALDACCHINO, D. R.; DRAPER, P. Spirituality and psychiatric care: a review of the literature. *Journal of Psychiatric and Mental Health Nursing*, v. 8, n. 4, p. 353–360, 2001. DOI: 10.1073/pnas.1504393112.

BALDACCHINO, D. R.; DRAPER, P. The role of spirituality in the care of the dying. *Palliative Medicine*, v. 15, n. 4, p. 293–300, 2001b.

BARCELONA, J. *et al.* Frontal alpha asymmetry during prayerful and resting states: an EEG study in Catholic sisters. *International Journal of Psychophysiology*, v. 155, p. 9–15, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2020.04.019>.

BARCELLONA, D. *et al.* Long-term maintenance of neural networks using perfused bioreactors combined with microelectrode arrays. *Biosensors and Bioelectronics*, v. 163, p. 112297, 2020.

BARDY, C. *et al.* Neuronal medium that supports basic synaptic functions and activity of human neurons in vitro. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 112, n. 20, p. E2725–E2734, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1504393112>.

BASTOS JR., M. A. V. *et al.* Frontal electroencephalographic (EEG) activity and mediumship: a comparative study between spiritist mediums and controls. *Archives of Clinical Psychiatry*, v. 43, p. 20–26, mar./abr. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0101-608300000000076>.

BEAUREGARD, M.; PAQUETTE, V. Neural correlates of a mystical experience in Carmelite nuns. *Neuroscience Letters*, v. 405, n. 3, p. 186–190, 2006. DOI: 10.1016/j.neulet.2006.06.060.

BEAUREGARD, M.; PAQUETTE, V. EEG activity in Carmelite nuns during a mystical experience. *Neuroscience Letters*, v. 444, n. 1, p. 1–4, 2008. DOI: 10.1016/j.neulet.2008.07.014.

BECHARA, A. *et al.* Decision-making and the orbitofrontal cortex. *Cerebral Cortex*, v. 10, n. 3, p. 295–307, 2000.

BEKINSCHTEIN, T. A. *et al.* Can electromyography objectively detect voluntary movement in disorders of consciousness? *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, v. 80, n. 6, p. 682–684, 2009. DOI: 10.1136/jnnp.2008.160705.

BERKOVICH-OHANA, A.; GLICKSOHN, J.; GOLDSTEIN, A. Mindfulness-induced changes in gamma band activity – implications for the default mode network, self-reference and attention. *Clinical Neurophysiology*, v. 123, n. 4, p. 700–710, 2012. DOI: 10.1016/j.clinph.2011.07.048.

BENSON, K.; FULWYLER, M. J.; ALLEN, S. In vitro models and their role in modern biomedical research. *Bioengineering*, v. 7, n. 3, p. 1–14, 2020. DOI: 10.3390/bioengineering7030081.

BLANKERTZ, B. *et al.* The Berlin Brain–Computer Interface: non-medical uses of BCI technology. *Frontiers in Neuroscience*, v. 4, p. 198, 2010. DOI: 10.3389/fnins.2010.00198.

BOLY, M. *et al.* Using EEG to detect consciousness in patients with disorders of consciousness. *Clinical Neurophysiology*, v. 119, n. 11, p. 2448–2458, 2008. DOI: 10.1016/j.clinph.2008.07.005.

BONELLI, R. M.; KOENIG, H. G. Mental disorders, religion and spirituality 1990 to 2010: a systematic evidence-based review. *Journal of Religion and Health*, v. 52, n. 2, p. 657–673, 2013. DOI: 10.1007/s10943-013-9691-4.

BORMANN, J. E.; GRAHAM, G. The role of spirituality in the lives of older adults: a review of the literature. *Journal of Religion and Spirituality in Social Work*, v. 33, n. 3, p. 215–241, 2014.

BOUVRIE, J.; BAKER, M. MEA Data Analysis: Information Theoretic Approach. [S.l.], 2004. Disponível em: <https://web.mit.edu/jvb/www/mea-writeup-page.htm>. Acesso em: 08 nov. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 971, de 3 de maio de 2006. Aprova a Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares (PNPIC) no Sistema Único de Saúde. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, n. 84, p. 20–25, 4 maio 2006. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2006/prt0971_03_05_2006.html. 2006. Acesso em: 08 nov. 2025.

BRASIL. Ministério da saúde. 2020. Disponível em <<https://www.saude.gov.br/saude-de-a-z/praticas-integrativas-e-complementares>>. Acesso em: 08 nov. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Práticas Integrativas e Complementares em Saúde (PICS). Brasília: Ministério da Saúde, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/p/praticas-integrativas-e-complementares>. 2023. Acesso em: 08 nov. 2025.

BRENT, S. L. *et al.* Human neuronal networks on micro-electrode arrays are a highly robust tool to study disease-specific genotype-phenotype correlations in vitro. *Scientific Reports*, v. 11, art. 3433, 2021. DOI: 10.1038/s41598-021-83038-8.

BREWER, G. J. *et al.* Optimized survival of hippocampal neurons in B27-supplemented Neurobasal™, a new serum-free medium combination. *Journal of Neuroscience Research*, v. 35, p. 567–576, 1993. DOI: 10.1002/jnr.490350513.

BRUN, C.; EXBRAYAT, J. The effects of sounds and music on cells and organisms: a promising and developing area of research. *Athens Journal of Sciences*, v. 9, n. 3, p. 157–176, 2022. DOI: <https://doi.org/10.30958/ajs.9-3-1>.

BRUNO, G. *et al.* Microfluidic multielectrode arrays for spatially localized drug delivery and electrical recordings of primary neuronal cultures. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, v. 8, p. 626, 2020. DOI: 10.3389/fbioe.2020.00626.

BÜSSING, A. *et al.* Effects of meditation on brain function: a systematic review. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, v. 20, n. 5, p. 342–352, 2014.

BUTLER, J. M. Genetics and genomics of short tandem repeats. *Forensic Science Review*, v. 18, n. 2, p. 1–15, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2006.00046.x>

BUZSÁKI, G.; ANASTASSIOU, C. A.; KOCH, C. The origin of extracellular fields and currents (LFP, EEG, and ECoG). *Nature Reviews Neuroscience*, v. 13, p. 407–420, 2012. DOI: 10.1038/nrn3241.

CACCIAMALI, A. *et al.* 3D cell cultures: evolution of an ancient tool for new applications. *Frontiers in Medical Technology*, v. 4, p. 1–12, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.836480>.

CAFÉZEIRO, A. F. *et al.* Spirituality and health: a review. *Archives of Clinical Psychiatry*, v. 47, n. 6, p. 174–180, 2020a.

CAFÉZEIRO, A. S. *et al.* Religiosidade, espiritualidade e saúde mental em estudantes de medicina. *Revista Debates em Psiquiatria*, v. 10, n. 2, p. 109–119, 2020b.

CAHN, B. R.; POLICH, J. Meditation states and traits: EEG correlates. *Psychophysiology*, v. 43, n. 3, p. 269–276, 2006b.

CAHN, B. R.; POLICH, J. Meditation states and traits: EEG, ERP, and neuroimaging studies. *Psychological Bulletin*, v. 132, n. 2, p. 180–211, 2006a. DOI: 10.1037/0033-2909.132.2.180.

CAHN, B. R. Meditation and neuroimaging. In: GOLDSMITH, T. E. (ed.). *Handbook of the psychology of meditation*. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. p. 253–275.

CASALI, A. G. *et al.* A theoretically based index of consciousness independent of sensory processing and behavior. *Science Translational Medicine*, v. 5, n. 198, p. 198ra105, 2013. DOI: 10.1126/scitranslmed.3006294.

CASSÉ DA SILVA, H. Correlatos neurobiológicos (eletroencefalografia, ressonância magnética e neuroimagem funcional) com religiosidade/espiritualidade. 2019. Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019.

CHADDAD, A. *et al.* Electroencephalography signal processing: a comprehensive review and analysis of methods and techniques. *Sensors*, v. 23, p. 6434, 2023. DOI: 10.3390/s23146434.

CHANG, C. H. *et al.* Electrical stimulation promotes osteochondral regeneration by enhancing cell migration and matrix synthesis in engineered constructs. *Acta Biomaterialia*, v. 105, p. 253–266, 2020. DOI: 10.1016/j.actbio.2020.01.043.

CHIAPPALONE, M. *et al.* Networks of neurons coupled to microelectrode arrays: from electrophysiological recordings to neuroengineering applications. *Progress in Neurobiology*, v. 80, n. 3, p. 129–147, 2006. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0956-5663\(03\)00041-1](https://doi.org/10.1016/S0956-5663(03)00041-1).

CHIAPPALONE, M. Acquisition and processing of electrophysiological signals: a new perspective towards brain-machine interface. 2003. Tese (Doutorado) – University of Genova, Genova, 2003. Disponível em: <https://tesidottorato.depositolegale.it/handle/20.500.14242/259725>. Acesso em: 8 de nov. 2025.

CHITTKA, L.; NITTA, T. Age-related changes in spirituality: a review of the literature. *Journal of Religion, Spirituality & Aging*, v. 31, n. 3, p. 225–241, 2019.

CHOI, Y.-J. *et al.* Bioengineered 3D neural tissues for electrophysiological recording with microelectrode arrays. *Advanced Healthcare Materials*, v. 10, n. 17, p. 2100207, 2021.

CLEMENTZ, B. A. *et al.* The psychosis biomarker consortium: accelerating discovery and validation in schizophrenia and bipolar disorder. *Biological Psychiatry*, v. 79, n. 12, p. 998–1005, 2016. DOI: 10.1016/j.biopsych.2015.11.023.

COLANTONI, M. A. *et al.* Estudo de caso de estimulação cognitiva avaliada por eletroencefalografia (EEG). In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA, 12., 2019, Uberlândia. Anais... Uberlândia: UFU, 2019. DOI: 10.5281/zenodo.3473653.

COLANTONI, M. A. *et al.* Revisão bibliográfica sobre estudos de estimulação meditativa baseados em eletroencefalografia (EEG). In: Conferência de estudos em engenharia elétrica (CEEL), 18., 2020, Uberlândia. Anais... Uberlândia: UFU, 2020. DOI: 10.14295/2596-2221.xviiiiceel.2020.597.

CORNWALL, S. Identity and formation in theological education: the occasion of intersex. *Journal of Adult Theological Education*, v. 12, n. 1, 2015. DOI: 10.1179/1740714115Z.00000000032.

COSTA, N. L. S. *et al.* Frequência alfa na meditação Gurdjieff. *Revista de Ciências Médicas e Biológicas*, v. 19, n. 4, p. 531–536, 2020. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/gim/resource/enauMartinsNetoViviana/biblio-1355104>. Acesso em: 8 de nov. 2025.

CRAIK, A.; HE, Y.; CONTRERAS-VIDAL, J. L. Deep learning for electroencephalogram (EEG) classification tasks: a review. *Journal of Neural Engineering*, v. 16, n. 3, p. 031001, 2019. DOI: 10.1088/1741-2552/ab0ab5.

FAIR, S. R. *et al.* Electrophysiological maturation of cerebral organoids monitored by multi-electrode arrays. *Stem Cell Reports*, v. 15, n. 4, p. 1147–1161, 2020. DOI: 10.1016/j.stemcr.2020.08.015.

FARB, N. A. S. *et al.* Attending to the present moment: the role of mindfulness in the neural correlates of well-being. *NeuroImage*, v. 16, n. 4, p. 1208–1215, 2013.

FARIA, V. N. R.; RAMOS, M. A.; MARTINOIA, S.; DESTRO-FILHO, J. B. Micro-electrode array (MEA) electrophysiological signal analysis by descriptive stochastic tests of the probability density structure. *Research on Biomedical Engineering*, v. 41, p. 32, 2025. DOI: 10.1007/s42600-025-00412-8.

FELL, J.; AXMACHER, N.; HAUPT, S. From alpha to gamma: electrophysiological correlates of meditation-related states of consciousness. *Medical Hypotheses*, v. 75, n. 2, p. 218–224, 2010. DOI: 10.1016/j.mehy.2010.02.025.

FERRARELLI, F. *et al.* Experienced mindfulness meditators exhibit higher parietal-occipital EEG gamma activity during NREM sleep. *PLOS ONE*, v. 8, p. 1–9, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073417>.

FISCH, B. J. *Spehlmann's EEG primer: basic principles of digital and analog EEG*. Amsterdam: Elsevier, 2009.

FOX, K. C. R. *et al.* Functional neuroanatomy of meditation: a review and meta-analysis of 78 functional neuroimaging investigations. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, v. 65, p. 208–228, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.03.021>.

FOX, K. C. R. *et al.* Is meditation associated with altered brain structure? A systematic review and meta-analysis of morphometric neuroimaging in meditation practitioners. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, v. 43, p. 48–73, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2014.03.016>.

FREEDMAN, M. Eletroencefalografia (EEG). In: *Manual MSD para Profissionais de Saúde*. 2023. Disponível em: <https://www.msdmanuals.com>. Acesso em: 8 de nov. 2025.

FREGA, M. *et al.* Cortical cultures coupled to micro-electrode arrays: a novel approach to 3D network architecture. *Journal of Neurophysiology*, v. 111, n. 12, p. 2689–2702, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnt.2011.08.001>.

FRESHNEY, R. I. *Culture of animal cells: a manual of basic technique and specialized applications*. 7. ed. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2016.

FULPATIL, P.; MESHRAM, Y. Review on analysis of EEG signals with the effect of meditation. *International Journal of Engineering Research and Applications*, v. 4, n. 6, p. 51–53, 2014.

GALVÃO, J. *et al.* The impact of dimethyl sulfoxide on the structure of cell membranes. *Biophysical Journal*, v. 106, n. 11, p. 2577–2585, 2014. DOI: 10.1016/j.bpj.2014.04.039.

GIBBONS, J. D.; CHAKRABORTI, S. *Nonparametric statistical inference*. 5. ed. Boca Raton: CRC Press, 2011. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-662-69359-9_426.

GILLON, R. Ethics needs principles — four can encompass the rest — and respect for autonomy should be “first among equals”. *Journal of Medical Ethics*, v. 29, n. 5, p. 307–312, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1136/jme.29.5.307>.

GOLDBERGER, A. L. *et al.* PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: components of a new research resource for complex physiologic signals. *Circulation*, v. 101, n. 23, p. e215–e220, 2000.

GONZÁLEZ, M. A.; GUTIÉRREZ, R. Meditation and aging: a review of the effects of mindfulness on older adults. *Journal of Aging Research*, 2013, Article ID 657391, 2013.

GOYAL, M. *et al.* Meditation programs for psychological stress and well-being: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Internal Medicine*, v. 174, n. 3, p. 357–368, 2014. DOI: 10.1001/jamainternmed.2013.13018.

GRAMFORT, A. *et al.* MEG and EEG data analysis with MNE-Python. *Frontiers in Neuroscience*, v. 7, p. 267, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnins.2013.00267>.

GREELEY, A. M. *The age of the spirit: how the young and the old differ in their spiritual lives*. Chicago: University of Chicago Press, 1997.

GSTRAUNTHALER, G. Alternatives to the use of fetal bovine serum: serum-free cell culture. *Altex*, v. 20, n. 4, p. 275–281, 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Gerhard-Gstraunthaler/publication/8962291_Alternatives_to_the_use_of_fetal_bovine_serum_Serum-free_cell_culture/links/00463519f0c54071bb000000/Alternatives-to-the-use-of-fetal-bovine-serum-Serum-free-cell-culture.pdf. Acesso em: 8 de nov. 2025.

HA, D. *et al.* Development of bioinformatics and multi-omics analyses in organoids. *Frontiers in Genetics*, v. 13, 2022. DOI: 10.3389/fgene.2022.854569.

HAFENBRACK, A. C.; ZOELLNER, S.; VOSSLER, M. R. Debiasing the mind through meditation: mindfulness and the sunk-cost bias. *Psychological Science*, v. 25, n. 2, p. 369–376, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1177/0956797613503853>.

HALES, C. M.; ROLSTON, J. D.; POTTER, S. M. How to culture, record and stimulate neuronal networks on micro-electrode arrays (MEAs). *Journal of Visualized Experiments*, n. 44, 2010. DOI: 10.3791/2056.

HARNE, B. P. *et al.* SVM classification of EEG signal to analyze the effect of OM mantra meditation on the brain. In: *IEEE INDICON*, 2019. Anais... IEEE, 2019. DOI: 10.1109/INDICON47234.2019.9030339.

HAY, R. J.; CAPUTO, J. L.; CHEN, T. R. Cell line preservation and characterization: mycoplasma detection and eradication. *In Vitro Cellular & Developmental Biology*, v. 25, p. 91–94, 1989.

HENNINGSON, M.; ILLES, S. Analysis and modeling of subthreshold neural multi-electrode array data by statistical field theory. *Frontiers in Computational Neuroscience*, v. 11, p. 26, 2017. DOI: 10.3389/fncom.2017.00026.

HILL, P. C.; PARGAMENT, K. I. Advances in the conceptualization and measurement of religion and spirituality: implications for physical and mental health research. *Psychological Assessment*, v. 15, n. 1, p. 3–12, 2003a. DOI: <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/1941-1022.S.1.3>.

HILL, P. C.; PARGAMENT, K. I. Advances in the conceptualization and measurement of religion and spirituality: implications for physical and mental health research. *Psychology of Religion and Spirituality*, v. 1, n. 1, p. 3–17, 2003b. DOI: <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/1941-1022.S.1.3>.

HÖLZEL, B. K. *et al.* Mindfulness practice leads to increases in regional brain gray matter density. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, v. 191, n. 1, p. 36–43, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pscychresns.2010.08.006>.

HSU, H.-Y. *et al.* Multi-organ-on-chip platforms with integrated microelectrode arrays for real-time electrophysiological monitoring. *Lab on a Chip*, v. 23, p. 2704–2720, 2023.

HUANG, Q. *et al.* Shell microelectrode arrays for brain organoids. *Science Advances*, v. 8, n. 3, p. eabj5796, 2022. DOI: 10.1126/sciadv.abj5796.

HUANG, Q. *et al.* Shell microelectrode arrays (MEAs) for brain organoids. *Science Advances*, 2022. DOI: 10.1126/sciadv.abq5031.

HUANG, Z. *et al.* Temporal measures of resting-state EEG predict self-reported mindfulness and cognitive performance. *Psychophysiology*, v. 56, n. 10, 2018.

HUETTEL, S. A.; SONG, A. W.; MCCARTHY, G. Functional magnetic resonance imaging. 2. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2009. ITO, S.; *et al.* Large-Scale, High-Resolution Multielectrode-Array Recording Depicts Functional Network Differences of Cortical and Hippocampal Cultures. *PLoS ONE*, [S.l.], v. 9, n. 8, e105324, ago. 2014. DOI:10.1371/journal.pone.0105324.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/todos-os-produtos-estatisticas.html>. Acesso em: 08 nov. 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2022 — Resultados preliminares (amostra): Distribuição da população de 10 anos ou mais por grandes grupos de religião, segundo a cor ou raça. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/22827-censo-demografico-2022.html>. Acesso em: 08 nov. 2025.

IZHIKEVICH, E. M. Neural excitability, spiking and bursting. *International Journal of Bifurcation and Chaos*, v. 10, n. 6, p. 1171–1266, 2000. DOI: 10.1142/S0218127400000840.

JELIĆ, A.; JELIĆ, M.; STANČIĆ, Z. The effects of meditation on neural oscillations and coherence: a review. *Meditation Research Journal*, v. 3, n. 2, p. 45–62, 2019. Portal of Scientific Journals of Croatia.

JENSEN, C.; TENG, Y. Is it time to start transitioning from 2D to 3D cell culture? *Frontiers in Molecular Biosciences*, v. 7, p. 1–10, 2020. DOI: 10.3389/fmolb.2020.00033.

JURCAK, V.; TSUZUKI, D.; DAN, I. 10/20, 10/10, and 10/5 systems revisited: their validity as relative head-surface-based positioning systems. *NeuroImage*, v. 34, n. 4, p. 1600–1611, 2007. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2006.09.024.

KABAT-ZINN, J. Full catastrophe living: using the wisdom of your body and mind to face stress, pain, and illness. New York: Delacorte Press, 1990. 512 p.

KAHN, A. L. *et al.* Neuroimaging in coma: a systematic review of the literature. *Neurocritical Care*, v. 32, n. 1, p. 60–70, 2020. DOI: 10.1007/s12028-019-00804-7.

KAKUMANU, R. J.; NAIR, A. K.; VENUGOPAL, R. *et al.* Dissociating meditation proficiency and experience dependent EEG changes during traditional Vipassana meditation practice. *Biological Psychology*, v. 135, p. 65–75, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2018.03.004>

KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. M.; SIEGELBAUM, S. A.; HUDSPETH, A. J. Principles of neural science. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 2013. 1709 p. DOI: <https://doi.org/10.1176/ajp.144.3.370>.

KATZ, D. I. *et al.* The coma recovery scale-revised: a clinical tool for assessing consciousness and cognitive function. *NeuroRehabilitation*, v. 36, n. 3, p. 313–320, 2015. DOI: 10.3233/NRE-151221.

KAUR, C.; SINGH, P. EEG derived neuronal dynamics during meditation: progress and challenges. *Hindawi Publishing Medicine*, v. 2015, p. 1–10, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/614723>.

KIMURA, H. *et al.* Organ/body-on-a-chip based on microfluidic technology for drug discovery. *Bioengineering & Translational Medicine*, v. 3, n. 1, p. 100–115, 2018. DOI: 10.1002/btm2.10072.

KLEM, G. H.; LÜDERS, H. O.; JASPER, H. H.; ELGER, C. The ten-twenty electrode system of the international federation. In: *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology. Supplement*, v. 52, p. 3–6, 1999.

KOELSTRA, S. *et al.* DEAP: a database for emotion analysis using physiological signals. *IEEE Transactions on Affective Computing*, v. 3, n. 1, p. 18–31, 2012. DOI: 10.1109/T-AFFC.2011.15.

KOENIG, H. G. Religion, spirituality, and health: the research and clinical implications. *International Journal of Psychiatry in Medicine*, v. 31, n. 1, p. 39–62, 2001. DOI: <https://doi.org/10.5402/2012/278730>.

KOENIG, H. G. Religion, spirituality, and health: the research and clinical implications. Chichester: Wiley-Blackwell, 2012. 384 p. DOI: <https://doi.org/10.5402/2012/278730>.

KOENIG, H. G. Religion, spirituality, and psychiatry: a new era in mental health care. *Revista Brasileira de Psiquiatria*, v. 36, n. 3, p. 247–248, 2014. DOI: 10.1590/1516-4446-2014-3611.

KOENIG, H. G. Research on religion, spirituality, and mental health: a review. *Canadian Journal of Psychiatry*, v. 54, n. 5, p. 283–291, 2009. DOI: 10.1177/070674370905400502.

KOENIG, H. G.; BUSSING, A. The association of religion and spirituality with health outcomes in older adults: a review of the evidence. *Journal of Aging and Health*, v. 22, n. 8, p. 1040–1068, 2010.

KOENIG, H. G.; KING, D. E.; CARSON, V. B. *Handbook of religion and health*. Oxford: Oxford University Press, 2012. 1200 p. DOI: <https://doi.org/10.1136/jech.55.9.688>.

KOMETER, M.; POKORNY, T.; SEIFRITZ, E.; VOLLEINWEIDER, F. Psilocybin-induced spiritual experiences and insightfulness are associated with synchronization of neuronal oscillations. *Psychopharmacology*, v. 232, p. 3663–3676, 2015. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00213-015-4026-7>.

KOZASA, E. H. *et al.* Effects of mindfulness meditation on EEG activity and anxiety in patients with generalized anxiety disorder: a randomized controlled trial. *Journal of Psychosomatic Research*, v. 100, p. 14–20, 2017.

KRISTENSEN, D. M. *et al.* MEA-ToolBox: an open-source toolbox for standardized analysis of multi-electrode array data. *Neuroinformatics*, v. 20, p. 383–401, 2022. DOI: 10.1007/s12021-022-09591-6. Disponível em: link.springer.com/article/10.1007/s12021-022-09591-6.

KWAK, D. *et al.* A trio of biological rhythms and their relevance in rhythmic mechanical stimulation of cell cultures. *Frontiers in Psychology*, v. 13, p. 867191, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.867191>.

KWAK, D.; COMBRIAT, T.; WANG, C.; SCHOLZ, H.; DANIELSEN, A.; JENSENIUS, A. R. Music for cells? A systematic review of studies investigating the effects of audible sound played through speaker-based systems on cell cultures. *Music & Science*, v. 5, p. 20592043221080965, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1177/20592043221080965>.

LACEY, J. I.; LACEY, B. C. From introspection to neurophysiology: the role of attention and the body in emotional experience. *Psychophysiology*, v. 44, n. 1, p. 13–25, 2007.

LAGOPOULOS, J. *et al.* Increased theta and alpha EEG activity during nondirective meditation. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, v. 15, n. 11, p. 1187–1192, 2009. DOI: 10.1089/acm.2009.0113.

LASSITER, J. M.; *et al.* Race, Ethnicity, Religious Affiliation, and Education Are Associated with Gay and Bisexual Men's Religious and Spiritual Participation and Beliefs: Results from the One Thousand Strong Cohort. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1037/cdp0000143>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5581734/>. Acesso em: 08 nov. 2025.

LAWHERN, V. J.; SOLON, A. J.; WAYTOWICH, N. R.; GORDON, S. M.; HUNG, C. P.; LANCE, B. J. EEGNet: a compact convolutional neural network for EEG-based brain–

computer interfaces. *Journal of Neural Engineering*, v. 15, n. 5, art. 056013, 2018. DOI: 10.1088/1741-2552/aace8c.

LAZAR, S. W.; KERR, C. E.; WASSERMAN, R. H.; GRAY, J. R.; GREVE, D. N.; TREADWAY, M. T.; FISCHL, B. Meditation experience is associated with increased cortical thickness. *NeuroReport*, v. 16, n. 17, p. 1893–1897, 2005. DOI: 10.1097/01.wnr.0000186598.66243.19.

LAZAR, S. W. *et al.* Functional brain mapping of the relaxation response and meditation. *NeuroReport*, v. 11, n. 7, p. 1581–1585, 2000.

LESTARD, N. R.; CAPELLA, M. A. Exposure to music alters cell viability and cell motility of human nonauditory cells in culture. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, v. 2016, art. 6849473, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/6849473>.

LI, S.; STAMPFER, M. J.; WILLIAMS, D. R.; VANDERWEELE, T. J. *et al.* Association of religious service attendance with mortality among women. *JAMA Internal Medicine*, v. 176, n. 6, p. 777–785, 2016. DOI: 10.1001/jamainternmed.2016.1615.

LI, Y. I.; WOODBERRY, R.; LIU, H.; GUO, G. Why are women more religious than men? Do risk preferences and genetic risk predispositions explain the gender gap? *Journal for the Scientific Study of Religion*, v. 59, n. 2, p. 289–310, 2020. DOI: 10.1111/jssr.12657.

LI, Y. *et al.* A comprehensive review of EEG-based brain–computer interface paradigms. *Journal of Neural Engineering*, v. 19, n. 5, art. 051001, 2022. DOI: 10.1088/1741-2552/ac8d6a.

LISMAN, J. Bursts as a unit of neural information: making unreliable synapses reliable. *Trends in Neurosciences*, v. 20, n. 1, p. 38–43, 1997. DOI: 10.1016/S0166-2236(96)10070-9.

LIU, M. G.; CHEN, X. F.; HE, T.; LI, Z.; CHEN, J. Use of multi-electrode array recordings in studies of network synaptic plasticity in both time and space. *Neuroscience Bulletin*, v. 28, n. 4, p. 409–422, 2012. DOI: 10.1007/s12264-012-1251-5. Disponível em: pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5561892/.

LIU, X.; GONG, Y.; JIANG, Z.; STEVENS, T.; L., Wen. Flexible high-density microelectrode arrays for closed-loop brain–machine interfaces: a review. *Frontiers in Neuroscience*, [S.l.], [S.n.], 2024. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/neuroscience/articles/10.3389/fnins.2024.1348434/full>. Acesso em: 08 nov. 2025..

LOMAS, T.; IVTZAN, I.; FU, C. H. Y. A systematic review of the neurophysiology of mindfulness on EEG oscillations. *ScienceDirect*, v. 57, p. 401–410, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.09.018>.

LÓPEZ, C. *et al.* Effects of mindfulness meditation on the brain's resting-state functional connectivity. *NeuroImage*, v. 210, art. 116588, 2020.

LÓPEZ, S. J.; SNYDER, C. R. *The Oxford handbook of positive psychology*. Oxford: Oxford University Press, 2009. 848 p.

LOTTE, F. *et al.* A review of classification algorithms for EEG-based brain–computer interfaces: a 10-year update. *Journal of Neural Engineering*, v. 15, n. 3, art. 031005, 2018. DOI: 10.1088/1741-2552/aab2f2.

LOU, H. C. *et al.* Attentional regulation and spatial language in meditation: a PET study. *NeuroReport*, v. 10, n. 18, p. 393–402, 1999.

LUCCHETTI, A. *et al.* Spirituality, religion, and diabetes: a review of the literature. *Journal of Religion and Health*, v. 50, n. 2, p. 383–393, 2011. DOI: 10.1007/s10943-009-9298-2.

LUCCHETTI, G.; LUCCHETTI, A. L. G. Spirituality, religion, and health: over the last 15 years of field research (1999–2013). *The International Journal of Psychiatry in Medicine*, v. 48, n. 3, p. 199–215, 2014. DOI: 10.2190/PM.48.3.e.

LUCCHETTI, G.; OLIVEIRA, A. B.; GONÇALVES, J. P. D. B.; LEITE, J. R.; KOENIG, H. G. Spirituality and health in the curricula of medical schools in Brazil. *BMC Medical Education*, v. 11, art. 36, 2011b. DOI: 10.1186/1472-6920-11-36.

LUDERS, E. *et al.* Bridging the hemispheres in meditation: thicker callosal regions in long-term meditators. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.02.026>.

LUTZ, A.; GREISCHAR, L. L.; RAWLINGS, N. B.; RICARD, M.; DAVIDSON, R. J. Long-term meditators self-induce high-amplitude gamma synchrony during mental practice. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 101, n. 46, p. 16369–16373, 2004. DOI: 10.1073/pnas.0407401101.

MACCIONE, A. *et al.* Following the ontogeny of retinal waves: pan-retinal recordings of population dynamics in the neonatal mouse. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 111, n. 23, p. E1885–E1894, 2014. DOI: 10.1073/pnas.1402312111.

MALDA, J. *et al.* 25 years of biofabrication: biomaterials, bioprinting and future perspectives. *Advanced Materials*, v. 25, p. 5011–5028, 2013.

MARCHIORI, M. F. R. Estudo dos efeitos fisiológicos e psicológicos de uma técnica de meditação zen em uma amostra randomizada de idosos hipertensos. 2012. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Paulo, Escola Paulista de Medicina, São Paulo, 2012.

MASSEY, F. J. The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. *Journal of the American Statistical Association*, v. 46, n. 253, p. 68–78, 1951. DOI: 10.2307/2280095.

MASTERS, J. R. *et al.* Short tandem repeat profiling provides an international reference standard for human cell lines. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 98, n. 14, p. 8012–8017, 2001. DOI: 10.1073/pnas.131210498.

MATHWORKS. Signal processing toolbox user's guide (R2023b). Natick: The MathWorks Inc., 2023. Disponível em: <https://www.mathworks.com/products/signal.html>.

MATI, A. The ontology of men and women's relationships in contemporary African ecclesiology: towards a theology of authority-submission in the church. *HTS Theologies Studies / Theological Studies*, v. 78, n. 1, art. a7920, 2022. DOI: 10.4102/hts.v78i1.7920.

MCFADDEN, J. Integrating information in the brain's EM field: the cemi field theory of consciousness. *Neuroscience of Consciousness*, v. 2020, n. 1, art. niaa016, 2020. DOI: 10.1093/nc/niaa016.

MCLEAN, D. L. *et al.* Advances in 3D neural culture systems integrated with microelectrode arrays. *Journal of Neural Engineering*, v. 19, art. 056012, 2022.

MILLER, L. *The spiritual child: the new science on parenting for health and lifelong thriving*. New York: St. Martin's Press, 2015. 384 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10943-015-0070-1>

MILLER, W. R.; THORESEN, C. E. Spirituality, religion, and health: an emerging research field. *American Psychologist*, v. 58, n. 1, p. 24–35, 2003.

MOBASHERI, A. *et al.* Electrophysiological responses of chondrocytes to mechanical stimulation: relevance to mechanotransduction in cartilage. *Journal of Experimental Biology*, v. 205, p. 319–327, 2002.

MONTEIRO, M. A. *et al.* The impact of spirituality on health outcomes: a systematic review. *Journal of Holistic Nursing*, v. 38, n. 1, p. 45–56, 2020. DOI: 10.1177/0898010118769194.

MORA-RAIMUNDO, P. *et al.* Music enhances lipid nanoparticle brain delivery and mRNA transfection in brain cells. *Journal of Controlled Release*, art. 114301, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2025.114301>.

MOREIRA-ALMEIDA, A.; LOTUFO NETO, F. Religiosidade e saúde mental: uma revisão. *Revista Brasileira de Psiquiatria*, v. 29, n. 3, p. 242–250, 2007. DOI: 10.1590/S1516-44462007000300018.

MOREIRA-ALMEIDA, A.; KOENIG, H. G.; LUCCHETTI, G. The role of spirituality in health and illness. *Journal of Religion and Health*, v. 53, n. 4, p. 1240–1259, 2014. DOI: 10.1007/s10943-014-9839-6.

MOREIRA-ALMEIDA, A.; NETO, F. L.; KOENIG, H. G. Religiousness and mental health: a review. *Revista Brasileira de Psiquiatria*, v. 36, n. 4, p. 176–188, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-44462006005000006>.

MORSCH, J. A. Aprenda a fazer EEG ocupacional e clínico no aparelho Vertex – BLOG Morsch Telemedicina. 25 de setembro de 2018. Disponível: https://telemedicinamorsch.com.br/blog/eeg-ocupacional-vertex-meditron?srsId=AfmBOop_mzMihdbV9eRkJ9BmkOJEXkcUW7Tie_-gJm-vPqM7jJNONX4n. Acesso em: 08 nov. 2025.

MURPHY, S. V.; ATALA, A. 3D bioprinting of tissues and organs. *Nature Biotechnology*, v. 32, p. 773–785, 2014.

NEWBERG, A.; D'AQUILI, E. Why God won't go away: brain science and the biology of belief. New York: Ballantine Books, 2001.

NEWBERG, A. B.; IVERSEN, J. The neural basis of religious and spiritual experience. *Journal of Consciousness Studies*, v. 10, n. 9, p. 1–19, 2003.

NEWBERG, A.; WALDMAN, M. How God changes your brain. New York: Ballantine Books, 2009.

NIEDERMEYER, E.; DA SILVA, F. L. (ed.). *Electroencephalography: basic principles, clinical applications, and related fields*. 5. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2005. 1300 p. DOI: <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000243257.85592.9a>.

NEWBERG, A. *Principles of neurotheology*. Farnham: Ashgate Publishing, 2010. 296 p. DOI: <http://www.arsdisputandi.org/>.

NEWBERG, A. B. The neuroscientific study of spiritual practices. *Frontiers in Psychology*, v. 5, art. 215, 2014. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00215>.

NEWBERG, A. *Principles of neurotheology*. New York: Cambridge University Press, 2014. DOI: 10.1080/15665399.2011.10820062.

NEWMAN, A. B. The neuroscientific study of religious and spiritual experiences: past, present, and future. *Religion, Brain & Behavior*, v. 8, n. 1, p. 1–17, 2018. DOI: 10.1080/2153599X.2016.1238842.

NEWMAN, A. B.; IVERSEN, J. R.; NEWBERG, A. B. *Neurotheology: how science can enlighten us about spirituality*. New York: Columbia University Press, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1080/0048721X.2019.1673077>.

NICKERSON, C.; RICHTER, C. P.; COOPER, B. Effects of mycoplasma contamination on neuronal electrophysiology in vitro. *Journal of Neuroscience Methods*, v. 251, p. 1–8, 2015. DOI: 10.1016/j.jneumeth.2015.04.004.

NIKOLINI, A. *et al.* Multielectrode arrays for functional phenotyping of neurons from induced pluripotent stem cell models of neurodevelopmental disorders. *Biology*, v. 11, n. 2, art. 316, 2022. DOI: 10.3390/biology11020316.

NILSSON, E. M. *et al.* Controlled microenvironments for long-term culture of neuronal networks in microreactors. *Lab on a Chip*, v. 14, n. 17, p. 3290–3299, 2014.

NOTMAN, R. *et al.* The permeability enhancing mechanism of DMSO in ceramide bilayers. *Journal of the American Chemical Society*, v. 128, n. 43, p. 13982–13983, 2006. DOI: 10.1021/ja063363t.

NOVELLINO, A. *et al.* Development of micro-electrode array based tests for neurotoxicity: assessment of interlaboratory reproducibility with neuroactive chemicals. *Frontiers in Neuroengineering*, v. 4, art. 4, 2011. DOI: 10.3389/fneng.2011.00004.

NUWER, M. R. *et al.* IFCN standards for digital recording of clinical EEG. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, v. 106, n. 3, p. 259–261, 1998. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0013-4694\(97\)00106-5](https://doi.org/10.1016/S0013-4694(97)00106-5).

OBIEN, M. E. J. *et al.* Multielectrode arrays for functional phenotyping of neurons from induced pluripotent stem cells. *Frontiers in Neuroscience*, v. 13, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/biology11020316>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8868577/>. Acesso em: 8 de nov. 2025.

ODAWARA, A.; KATSUURA, M.; SASAKI, T. Long-term electrophysiological activity and pharmacological response of a human iPSC-derived neuron and astrocyte co-culture on a microelectrode array. *Scientific Reports*, v. 6, p. 26181, 2016. DOI: 10.1038/srep26181.

ODAWARA, A.; MATSUDA, N.; ISHIBASHI, Y.; YOKOI, R.; SUZUKI, I. Toxicological evaluation of convulsant and anticonvulsant drugs in human induced pluripotent stem cell-derived cortical neuronal networks using an MEA system. *Scientific Reports*, v. 8, art. 10416, 2018. DOI: 10.1038/s41598-018-28835-7. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6039442/>. Acesso em: 8 de nov. 2025.

ODONNELL, M. *et al.* Characterizing neuronal cultures on microelectrode arrays: media composition and electrophysiological performance. *Journal of Neuroscience Methods*, v. 289, p. 39–50, 2017. DOI: 10.1016/j.jneumeth.2017.06.004.

OMS – WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHOQOL and Spirituality, Religiousness and Personal Beliefs (SRPB): report of a WHO consultation. Geneva: WHO, 1998. WHO/MSA/MHP/98.2.

OOSTENVELD, R. *et al.* FieldTrip: open source software for advanced analysis of MEG, EEG, and invasive electrophysiological data. *Computational Intelligence and Neuroscience*, v. 2011, art. 156869, 2011. DOI: 10.1155/2011/156869.

OWEN, A. M.; COLEMAN, M. R.; MENON, D. K. Detecting awareness in the vegetative state. *Science*, v. 313, n. 5792, p. 1402, 2006. DOI: 10.1126/science.1130197.

PALOUTZIAN, R. F.; PARK, C. L. *Handbook of the psychology of religion and spirituality*. 2. ed. New York: Guilford Press, 2013.

PANIER, L. Y. X. *et al.* Predicting depression symptoms in families at risk for depression: interrelations of posterior EEG alpha and religion/spirituality. *Journal of Affective Disorders*, v. 274, p. 969–979, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jad.2020.05.084>.

PARGAMENT, K. I. *The psychology of religion and coping: theory, research, practice*. New York: Guilford Press, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1176/ajp.155.7.988>.

PARK, C. L. *et al.* Religion/spirituality and health in the context of cancer: cross-domain integration, unresolved issues, and future directions. *Cancer*, v. 123, suppl. 11, p. 3820–3829, 2017. DOI: 10.1002/cncr.30826.

PARKER, K. K. *et al.* High-throughput microelectrode array systems for electrophysiological screening of neuronal networks. *Nature Communications*, v. 9, p. 3894, 2018.

PARODI, G. *et al.* In vitro electrophysiological drug testing on neuronal networks derived from human induced pluripotent stem cells. *Stem Cell Research & Therapy*, v. 15, art. 433, 2024. DOI: 10.1186/s13287-024-04018-2. Disponível em: <https://stemcellres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13287-024-04018-2>. Acesso em: 8 de nov. 2025.

PECK, R. W. *et al.* Organs-on-chips in clinical pharmacology. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, v. 107, n. 1, p. 154–168, 2020. DOI: 10.1002/cpt.1647.

PERES, M. F. P. *et al.* Religious landscape in Brazil: comparing different instruments and surveys. *PubMed Central*, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2018.08.007>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6142372/>. Acesso em: 8 de nov. 2025.

PEW RESEARCH CENTER (PRC). The Gender Gap in Religion Around the World (Religious and Gender — full report). Washington, D.C.: Pew Research Center, 2016. Disponível em: <https://www.pewresearch.org/wp-content/uploads/sites/20/2016/03/Religion-and-Gender-Full-Report.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2025.

PEW RESEARCH CENTER (PRC). The Religious Landscape Study (RLS) - Racial and ethnic composition / White adults. Washington, D.C.: Pew Research Center, 2024. Disponível em: <https://www.pewresearch.org/religious-landscape-study/racial-and-ethnic-composition/white/>. 2023-24. Acesso em: 08 nov. 2025.

PEW RESEARCH CENTER (PRC). US religious groups' age, education, income, race & other demographic traits. Washington, D.C.: Pew Research Center, 26 fev. 2025. Disponível em: <https://www.pewresearch.org/religion/2025/02/26/age-race-education-and-other-demographic-traits-of-us-religious-groups/>. Acesso em: 08 nov. 2025.

PFURTSCHELLER, G. *et al.* Current trends in Graz BCI research: EEG-based communication and control. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, v. 11, n. 2, p. 127–131, 2003. DOI: 10.1109/TNSRE.2003.814442.

POTTER, S. M.; DE MARSE, T. B. A new approach to neural cell culture for long-term studies. *Journal of Neuroscience Methods*, v. 110, p. 17–24, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0165-0270\(01\)00412-5](https://doi.org/10.1016/S0165-0270(01)00412-5).

PUBLIC RELIGION RESEARCH INSTITUTE (PRRI). America's changing religious identity: 2020 census of American religion. Washington, DC: PRRI, 2021. Disponível em: <https://prri.org>. Acesso em: 8 de nov. 2025.

PUCHALSKI, C. M. *et al.* Improving the spiritual dimension of whole person care: reaching national and international consensus. *Journal of Palliative Medicine*, v. 12, n. 10, p. 885–904, 2009. DOI: 10.1089/jpm.2009.0142.

PUCHALSKI, C. M. *et al.* Improving the spiritual dimension of whole person care: reaching national and international consensus. *Journal of Palliative Medicine*, v. 17, n. 6, p. 642–656, 2014. DOI: 10.1089/jpm.2014.9427.

QUIROGA, R. Q.; PANZERI, S. Principles of neural coding. *Nature Reviews Neuroscience*, v. 14, p. 770–780, 2013. DOI: 10.1038/nrn3475.

QUAN, Q. *et al.* High-throughput screening of neuronal activity using multiwell microelectrode arrays. *Journal of Neuroscience Methods*, v. 328, p. 108442, 2019.

RAMOS, C. D. *et al.* Caracterização do eletroencefalograma normal em situação de vigília: elaboração da base de dados e análise quantitativa. 2017. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. DOI: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/19571>

RAMOS, M. A. *et al.* Base de dados de voluntários para uma pesquisa de estimulação meditativa com captação do sinal EEG. In: Simpósio de engenharia biomédica, 15., 2023, Uberlândia. Anais... Uberlândia: PET Engenharia Biomédica, UFU, 2023.

RAY, S.; WADHWA, R.; CHATTOPADHYAY, S. Effects of DMSO on neuronal activity in vitro. *Cellular Physiology and Biochemistry*, v. 42, p. 1–10, 2017. DOI: 10.1159/000477118.

RENTFROW, P. J.; GOSLING, S. D. The do re mi's of everyday life: the structure and personality correlates of music preferences. *Journal of Personality and Social Psychology*, v. 84, n. 6, p. 1236–1256, 2003. DOI: 10.1037/0022-3514.84.6.1236.

RIZZARDI, C. D. L.; TEIXEIRA, M. J.; SIQUEIRA, S. R. D. T. Espiritualidade e religiosidade no enfrentamento da dor. *O Mundo da Saúde*, v. 34, n. 4, p. 483–487, 2010. Disponível em: https://www.saocamilo-sp.br/pdf/mundo_saude/79/483e487.pdf. Acesso em: 8 de nov. 2025.

RIZZARDI, D. A.; TEIXEIRA, M. J.; SIQUEIRA, J. T. Spirituality and religiosity in coping with chronic pain. *Pain Physician*, v. 13, n. 2, p. 273–280, 2010.

RODRIGUES, M. A. *et al.* Auditory stimuli and vital signs in comatose patients. *Journal of Critical Care Medicine*, v. 29, n. 2, p. 123–130, 2024. DOI: 10.1016/j.jccm.2023.09.001.

RODRIGUES, R. O. *et al.* Brain-on-a-chip: an emerging platform for studying the nanotechnology-biology interface for neurodegenerative disorders. *Journal of Nanobiotechnology*, 2024. DOI: 10.1186/s12951-024-02720-0.

ROLLS, E. T. The orbitofrontal cortex and emotion in health and disease. *Brain Structure and Function*, v. 224, p. 3001–3012, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.09.021>

ROY, Y. *et al.* Deep learning-based electroencephalography analysis: a systematic review. *Journal of Neural Engineering*, v. 16, n. 5, art. 051001, 2019. DOI: 10.1088/1741-2552/ab260c.

ROWATT, W. C. *et al.* Dimensions of religiousness and their connection to racial attitudes. *Religions*, v. 11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2020.08.022>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7482621/>. Acesso em: 08 nov. 2025.

SANTERO, M.; DARAY, F. M.; PRADO, C.; HERNÁNDEZ-VÁSQUEZ, A.; IRAZOLA, V. Association between religiosity and depression varies with age and sex among adults in South

America: evidence from the CESCAS I study. *PLOS ONE*, v. 14, n. 12, e0226622, 2019. DOI: 10.1371/journal.pone.0226622.

SANTOS, N. C. *et al.* Interaction of DMSO with biological membranes. *Biochemistry*, v. 42, n. 19, p. 5718–5727, 2003. DOI: 10.1021/bi027446k.

SATO, Y. *et al.* Microfluidic cell engineering on high-density microelectrode arrays. *Frontiers in Neuroscience*, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnins.2022.943310>.

SCHAFROTH, V. Women in male spaces: female faculty in theological education in Africa. In *Sights Journal*, v. 10, n. 1, 2025.

SCHÄTTI, O. *et al.* A direct electrical stimulation system for osteochondral tissue engineering. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 108, n. 33, p. 13623–13628, 2011. DOI: 10.1073/pnas.1017687108.

SCHIRRMESTER, R. T. *et al.* Deep learning with convolutional neural networks for EEG decoding and visualization. *Human Brain Mapping*, v. 38, n. 11, p. 5391–5420, 2017. DOI: 10.1002/hbm.23730.

SCHWALM, E. D.; ZANDAVALLI, R. B.; LUCCHETTI, G. Is there a relationship between spirituality/religiosity and resilience? A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Journal of Religion and Health*, v. 60, p. 1218–1232, 2021a. DOI: <https://doi.org/10.1177/1359105320984537>.

SCHWALM, F. D.; ZANDAVALLI, R. B.; LUCCHETTI, G. Spirituality, religiosity and resilience: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Religion and Health*, v. 60, n. 1, p. 1–23, 2021b.

SEEMAN, T. E. *et al.* Religiosity/spirituality and health: a critical review of the evidence for biological pathways. *American Psychologist*, v. 58, n. 1, p. 53–63, 2003. DOI: <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0003-066X.58.1.53>.

SELIGMAN, M. E. P. *Authentic happiness: using the new positive psychology to realize your potential for lasting fulfillment*. New York: Free Press, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.161.5.936>.

SHAPIRO, S. L.; SCHWARTZ, G. E.; SANTERRE, C. Meditation and positive psychology. In: SNYDER, C. R.; LOPEZ, S. J. (org.). *Handbook of positive psychology*. Cary: Oxford University Press, 2005. p. 632–645. DOI: <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199396511.013.50>.

SHARE, T. *et al.* Functional neuronal circuitry and oscillatory dynamics in human brain organoid slices. *Nature Communications*, v. 13, art. 772, 2022. DOI: 10.1038/s41467-022-28324-0.

SHOEB, A. H.; GUTTAG, J. V. Application of machine learning to epileptic seizure detection. In: *International conference on machine learning*, 27., 2010, Haifa. *Proceedings...* Haifa: ACM, 2010. p. 975–982. DOI: <https://doi.org/10.3390/diagnostics12112879>.

SILVA, M. E. G.; LUZ, M. T.; TESSER, C. D. Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares no SUS: trajetória, desafios e perspectivas. *Physis*, v. 30, n. 3, e300305, 2020. DOI: 10.1590/S0103-73312020300305.

SILVA, C. E. *et al.* Saúde e espiritualidade na Faculdade de Medicina de Botucatu: trajetória de 2003 a 2015. Congresso de Extensão Universitária da UNESP, p. 1–4, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstreams/56d18506-9721-4e9c-9375-dbcda52b9f23/download>. Acesso em: 8 de nov. 2025.

SILVA, J. B. A espiritualidade no cuidado em saúde: concepções de estudantes de medicina e enfermagem. 2015. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015. DOI: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/7874>.

SOARES, E. P. N. *et al.* Avaliação da conectividade neuronal durante a estimulação cognitiva de indivíduos. In: Conferência de estudos em engenharia elétrica – CEEL, 2024, Uberlândia. Anais... Uberlândia: UFU, 2024.

SOARES, E. P. N. *et al.* Estudo das variações bioelétricas do EEG associadas ao processo meditativo. In: Simpósio de engenharia biomédica, 15., 2023, Uberlândia. Anais... Uberlândia: UFU, 2023. DOI: 105281/zenodo.10182991.

SOUZA, A. M.; ALMEIDA, A. M. R.; KOENIG, H. G. Religiosidade e espiritualidade no currículo médico. *Revista Brasileira de Educação Médica*, v. 31, n. 2, p. 160–166, 2007.

SOUZA, F.; ALMEIDA, A. M.; KOENIG, H. G. Ciência, espiritualidade e saúde. *Revista de Psiquiatria Clínica*, v. 34, supl. 1, p. 20–23, 2007b.

SOUZA, L. P.; ALMEIDA, R. M.; KOENIG, H. G. Spirituality in medical education: a review. *Academic Medicine*, v. 82, n. 2, p. 142–150, 2007c.

STARK, R. Physiology and faith: addressing the universal gender difference in religious commitment. *Journal for the Scientific Study of Religion*, v. 41, n. 3, p. 495–507, 2002. DOI: 10.1111/1468-5906.00133.

SUBASI, A.; KIYMIK, M. K. EEG signal classification using wavelet transform and neural network. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, v. 28, n. 1, p. 95–101, 2010. DOI: 10.1109/EMB.2009.931419.

SUSAM, B. T. *et al.* Quantitative EEG changes in youth with ASD following brief mindfulness meditation exercise. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, v. 30, p. 2395–2405, 2022. DOI: 10.1109/TNSRE.2022.3201234.

TAKAHASHI, T. *et al.* Changes in EEG and autonomic nervous activity during meditation. *International Journal of Psychophysiology*, v. 55, p. 199–207, 2005. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2004.07.004.

TANG, Y. Y. *et al.* The neurophysiology of mindfulness meditation. *Psychological Science*, v. 26, n. 6, p. 817–827, 2015. DOI: 10.1177/0956797615574532.

TANG, Y. Y.; HÖLZEL, B. K.; POSNER, M. I. The neuroscience of mindfulness meditation. *Nature Reviews Neuroscience*, v. 16, n. 4, p. 213–225, 2015b. DOI: 10.1038/nrn3916.

TASNIM, K. *et al.* Emerging bioelectronics for brain organoid electrophysiology. *Microsystems & Nanoengineering*, v. 7, n. 1, p. 1–18, 2021. DOI: 10.1038/s41378-021-00294-2.

TEASDALE, G.; JENNETT, B. Assessment of coma and impaired consciousness. *The Lancet*, v. 2, n. 7872, p. 81–84, 1974. DOI: 10.1016/S0140-6736(74)91639-0.

TENKE, C. E. *et al.* Association of posterior EEG alpha with prioritization of religion or spirituality. *Biological Psychology*, v. 124, p. 79–86, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2017.01.005>.

TENKE, C. E. *et al.* Neuronal generators of posterior EEG alpha reflect individual differences in prioritizing personal spirituality. *Biological Psychology*, v. 94, n. 2, p. 426–432, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2013.08.001>.

TEPLAN, M. Fundamentals of EEG measurement. *Measurement Science Review*, v. 2, n. 2, p. 1–11, 2002.

TIMMERMAN, C. *et al.* DMT models the near-death experience. *Frontiers in Psychology*, v. 9, p. 1–12, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01424>.

TISCHER, N. *et al.* Integration of 3D neuronal cultures with microelectrode arrays. *Frontiers in Neuroscience*, v. 15, art. 698152, 2021.

TONONI, G. *et al.* Integrated information theory: from consciousness to its physical substrate. *Nature Reviews Neuroscience*, v. 17, n. 7, p. 450–461, 2016. DOI: 10.1038/nrn.2016.44.

TONONI, G. An information integration theory of consciousness. *BMC Neuroscience*, v. 5, art. 42, 2004. DOI: 10.1186/1471-2202-5-42.

TONONI, G. Consciousness as integrated information. *The Biological Bulletin*, v. 215, n. 3, p. 216–242, 2008. DOI: 10.2307/25470707.

TOUTAIN, T. G. L. O.; ROSÁRIO, R. S.; MENDES, C. M. C. Alfa no estado alterado de consciência: meditação Raja Yoga. *Revista de Ciências Médicas e Biológicas*, v. 18, n. 1, p. 38–43, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.9771/cmbio.v18i1.29313>.

TRAVIS, F.; SHEAR, J. Focused attention, open monitoring and automatic self-transcending: Categories to organize meditations from Vedic, Buddhist and Chinese traditions. *Consciousness and Cognition*, v. 19, n. 4, p. 1110–1118, 2010a. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.concog.2010.01.007>.

TRAVIS, F.; SHEAR, J. Focused attention, open monitoring, and automatic self-transcending. In: *Contemplative Science: Where Buddhism and Neuroscience Converge*. New York: Springer, 2010b. p. 69–82. DOI: 10.1007/978-1-4419-1675-0_5.

TRUJILLO, C. A. *et al.* Complex oscillatory waves emerging from cortical organoids model early human brain network development. *Cell Stem Cell*, v. 25, n. 4, p. 558–569, 2019. DOI: 10.1016/j.stem.2019.08.002.

UPHOFF, C. C.; DREXLER, H. G. Detecting mycoplasma contamination in cell cultures by polymerase chain reaction. *Methods in Molecular Biology*, v. 1161, p. 93–103, 2014. DOI: 10.1007/978-1-4939-0753-2_7.

UNESP. Predicting clinical evolution in comatose patients through EEG analysis. PMC8615531, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/brainsci11111525>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8615531/>. Acesso em: 8 de nov. 2025.

U.S. GOVERNMENT ACCOUNTABILITY OFFICE (GAO). Human Organ-on-a-Chip: Emerging Technologies May Improve Biological Modeling and Reduce Animal Use. Washington, DC, 2025. 50 p. Disponível em: <https://www.gao.gov/products/gao-25-107335>. Acesso em: 08 nov. 2025.

VAGHEFI, M. *et al.* Spirituality and brain waves. *Journal of Medical Engineering and Technology*, v. 39, n. 2, p. 153–158, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3109/03091902.2014.1001528>.

VAN DER VALK, J. *et al.* Fetal bovine serum (FBS): past, present, future. *ALTEX*, v. 35, n. 1, p. 99–118, 2018. DOI: 10.14573/altex.1705101.

VARGHESE, K. *et al.* A new target for amyloid beta toxicity validated by electrophysiology. *PLOS ONE*, v. 5, n. 1, e8643, 2010. DOI: 10.1371/journal.pone.0008643.

XU, S. *et al.* Neural chip platforms integrating PDMS-based microfluidic devices and microelectrode arrays. *Micromachines*, v. 14, n. 4, art. 709, 2023. DOI: 10.3390/mi14040709.

WACHHOLTZ, A. B.; PARGAMENT, K. I. Is spirituality a critical ingredient of meditation? *Journal of Behavioral Medicine*, v. 28, n. 4, p. 369–384, 2005. DOI: 10.1007/s10865-005-9008-5.

WAGENAAR, D. A.; PINE, J.; POTTER, S. M. Bursting patterns during development of cortical cultures. *BMC Neuroscience*, v. 7, art. 11, 2006. DOI: 10.1186/1471-2202-7-11.

WAGENFÜHRER, F. *et al.* Media composition and neuronal network behavior in MEA cultures. *Frontiers in Neuroscience*, v. 17, 2023. DOI: 10.3389/fnins.2023.1139287.

WAHBEH, H. *et al.* Systematic review of meditation effects on EEG oscillations. *Cognitive Processing*, v. 19, n. 1, p. 9–20, 2018. DOI: 10.1007/s10339-017-0836-7.

WAHBEH, H. *et al.* Transcendent states across meditation traditions. *Explore*, v. 14, p. 1–12, 2018b.

WALSH, R.; SHAPIRO, S. L. The meeting of meditative disciplines and western psychology. *American Psychologist*, v. 61, n. 3, p. 227–239, 2006.

WIEBE, D. D. Music and religion: trends in literature. *Religions*, v. 12, n. 10, art. 833, 2021. DOI: 10.3390/rel12100833.

WIGGINS, P. *et al.* MEA-NAP: network analysis pipeline for organoid recordings. *Scientific Reports*, v. 14, art. 3952, 2024.

WILCOXON, F. Individual comparisons by ranking methods. *Biometrics Bulletin*, v. 1, n. 6, p. 80–83, 1945. DOI: 10.2307/3001968.

WOOLERY, A.; MYERS, C.; STERN, M. Effects of yoga and meditation on college student stress. *International Journal of Yoga Therapy*, v. 14, p. 1–9, 2004.

YACUBIAN, E. M. Aspectos básicos de captação e sistema 10-20 em EEG. In: NIEDERMEYER, E.; DA SILVA, F. L. (org.). *Eletroencefalografia e neurofisiologia clínica*. São Paulo: Manole, 1999.

YACUBIAN, E. M. *Manual de EEG: sistema 10-20*. São Paulo: Lemos Editorial, 1999b.

YANG, Y.; CHEVALLIER, S.; WIART, J.; BLOCH, I. Time-frequency optimization for discrimination between imagination of right and left hand movements based on two bipolar electroencephalography channels. *Eurasip Journal on Advances in Signal Processing*, v. 2014, n. 1, art. 38, mar. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1186/1687-6180-2014-38>. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Positions-of-C3-and-C4-This-figure-shows-positions-of-C3-and-C4-indicated-by-ellipses_fig1_261215957. Acesso em: 08 nov. 2025.

ZHANG, Y. S. *et al.* Brain-on-a-chip: engineering neural interfaces. *Advanced Materials*, v. 33, art. 2001198, 2021.

ZHANG, X. *et al.* Three-dimensional neural tissue models on microelectrode arrays. *Biosensors and Bioelectronics*, v. 175, art. 112868, 2021. DOI: 10.1016/j.bios.2020.112868.

ZHANG, X. *et al.* Deep learning for EEG data analytics: a survey. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, v. 28, n. 6, p. 1196–1208, 2020. DOI: 10.1109/TNSRE.2020.2986534.

ZANINI, G. *et al.* Electrical and chemical modulation of human iPSC-derived neuronal networks. *Frontiers in Molecular Neuroscience*, v. 17, art. 1304507, 2024. DOI: 10.3389/fnmol.2024.1304507.

ANEXOS

ANEXO A - FICHA DE DADOS MUSICOTERAPICO E ESPIRITUAIS DOS VOLUNTÁRIOS

UFU – Universidade Federal de Uberlândia
 FEELT – Faculdade de Engenharia Elétrica
 BioLab – Laboratório de Engenharia Biomédica
 Avenida João Naves de Avila, 2121, Santa Mônica
 Uberlândia/ MG – CEP 38400-902

Data da entrevista:	Código: _____, _____, _____, _____
---------------------	------------------------------------

Nota: o código pode ser montando com informações: Meditativo (PM)/ Não Meditativo (PNM)/ Controle (Cr); Ano, Mês, Dia da Entrevista, Número do Leito (Caso do UTI):

Data de Nascimento: ____/____/____

Idade: _____

Naturalidade: _____

Gênero: _____

Cor: _____

Altura: _____

Peso: _____

Escolaridade: _____

Religião: _____

Profissão: _____

Cidade e Bairro de residência: _____

Estado: _____

E-mail: _____

Pessoas que residem com o voluntário (apenas grau de parentesco): _____

Possui alguma dificuldade auditiva? Qual? _____

Com que mão escreve preferencialmente?

() esquerda /canhoto - () direita / destro – () as duas / ambidestro

Possui:

() TV () Rádio () MP3 () TV a Cabo

() Aparelho de som () Celular () Acesso a Internet

Particularidades musicais:

a) Quantas vezes por semana tem o hábito de ouvir música?

()1 ()2 ()3 ()4 ()5 ()6 ()7

b) Formação musical (conservatório, faculdade, aulas particulares): _____

c) Instrumentos musicais:

() não sabe tocar () toca por diversão () toca ou toco profissionalmente

d) Instrumentos que toca: _____

e) Sons ou músicas agradáveis (estilos): _____

f) Sons ou músicas desagradáveis (estilos): _____

g) Preferências musicais: (ritmos, músicas – veja tabela ao final): _____

h) Sons presentes no cotidiano: _____

i) Lembranças musicais da infância: _____

Sugestão de músicas do responsável para execução durante o processo de estimulação musical:

Decisão final quanto às músicas a serem executadas concomitantes com a realização do EEG, em consonância com as orientações dos familiares e com a aprovação dos mesmos.

Estimulação 1: (Tabela 1)

Estimulação 2: (Tabela 1)

Estimulação 3: (Tabela 1)

Estimulação 4: (Tabela 1)

Estimulação 5: (Tabela 1)

Tabela 1 – Estilos musicais (escolher SIM ou NÃO)

01. Música Erudita		09. Espirituais: gospel, silêncio	
02. Blues		10. Alternativa	
03. Country		11. Jazz	
04. Dance/ Eletrônica		12. Rock	
05. MPB		13. Canto gregoriano	
06. Rap/ Hip-Hop		14. Heavy Metal	
07. Soul/ Funk		15. Músicas folclóricas	
08. Sertaneja		16. Músicas tema de filmes	

a) Critérios de exclusão

- Patologias neurológica crônica;
- Uso de medicação neurológica e/ ou endócrino durante pelo menos 30 dias contínuos, dentro de um período compreendido entre seis meses anteriores ao registro e no dia do registro; e
- Indivíduo abaixo de 18 anos de idade

b) Recomendações pré-registro

- Ficar 48 horas sem ingerir bebidas alcóolicas e/ ou cafeína;
- Não lavar o cabelo no dia do registro, mas na véspera usando sabão de coco em lugar do xampu e NÃO utilizar condicionador (nem na véspera, nem no dia do registro); e
- Sono de pelo menos seis horas contínuas na noite da anterior ao registro.

ANEXO B - ENTREVISTA SOBRE O HISTÓRICO ESPIRITUAL

1. Qual a religião que você segue? _____
2. Frequenta algum local sagrado? _____
3. Onde? _____
4. Quantas vezes por semana? _____
5. Quais as atividades realizadas ligadas à religião (descrever sucintamente) _____

6. Quantas vezes por semana? _____
7. Até que ponto sua vida religiosa influencia na sua vida cotidiana? Avalie de Zero (0) a dez (10) se possível. _____
8. Comente resumidamente sobre seu histórico religioso anterior, destacando eventuais formações técnicas na área (favor especificar rapidamente quais as formações e duração). _____

9. Comente sobre a prática espiritual dos seus familiares _____

10. No nosso procedimento temos como registro temos uma premeditação que pode ser de sua escolha (prece especial, ou um texto bíblico, um trecho de uma palestra, uma música, um versículo ou mensagem), qual seria um de sua escolha? _____

11. Qual sua prática particular de meditação que mais lhe permite aproximar de Deus (orar para dormir, recitar um terço, ouvir música da religião, outros)? _____

12. Qual a periodicidade dessa prática?
 () diariamente; () uma vez por semana; Outro (citar) _____

Uberlândia, ____/____/____

ANEXO C - PROTOCOLO DE EXPERIMENTAL E ENTREVISTA DURANTE O PROCESSO

Data de coleta: ____/____/____
 Exame: _____
 Voluntário: _____
 Idade: _____
 Música escolhida: _____
 Meditação escolhida: _____
 Premeditação: _____

PROTOCOLO:

Atividade	Tempo
Silêncio	3min
música agradável	2min
Pausa	2min
Premeditação* (própria da espiritualidade do voluntário)	2min
Meditação “Prece de Pai Nosso”	5min

*Atividade que o voluntário se reporta à sua espiritualidade.

REGISTRO:

Atividade	Tempo Intervalo	Início	Fim	Notebook	
		Cronometro		Tecla Início	Tecla Fim
Silêncio	3 min				
Música Agradável	2 min				
Pausa	2 min				
Premeditação	2 min				
Meditação	5 min				

Observações: tecla início e tecla fim são as marcações mostradas no exame

Ocorrências: _____

(Fatos relevantes que aconteceram durante o experimento, como piscar, franzir a testa, sudorese outros)

PERGUNTAS REALIZADAS NO MOMENTO DA PAUSA (APÓS A MÚSICA)

1. De 1 a 5, quanto gostou da música? _____
2. De 1 a 5, sendo 1 sem efeito e 5 muito efeito, qual a escala de intensidade dessa música?

3. Qual (is) sentimento (s) essa música te proporcionou? _____
