

As Ciências Exatas e da Terra no Século XXI

**Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
(Organizadores)**

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
(Organizadores)

As Ciências Exatas e da Terra no Século XXI

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Profª Drª Antonella Carvalho de
Oliveira Diagramação: Lorena Prestes
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof.^a Dr.^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof.^a Dr.^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof.^a Dr.^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.^a Dr.^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof.^a Dr.^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof.^a Dr.^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof.^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
C569	As ciências exatas e da terra no século XXI [recurso eletrônico] / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-351-4 DOI 10.22533/at.ed.514192405 1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. I. Zuffo, Alan Mario. II. Aguilera, Jorge González. CDD 507
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “As Ciências Exatas e da Terra no Século XXI” aborda uma publicação da Atena Editora, apresenta, em seus 18 capítulos, conhecimentos tecnológicos aplicados às Ciências Exatas.

Este volume dedicado à Ciência Exatas traz uma variedade de artigos alinhados com a produção de conhecimento na área de Matemática, ao tratar de temas como aritmética multidimensional RDM, a teoria da complexidade no estudo de atividade cerebral e o ensino da matemática e sua contribuição no desenvolvimento da consciência ambiental de estudantes. Na área da Mecânica traz trabalhos relacionados com uso do sensor de vibração piezo e a placa BlackBoard V1.0, como ferramenta para avaliar a conservação de casas e prédios qualificados como históricos ou com valor cultural à sociedade. Estudos de adição de nanotubos de carbono no concreto convencional também são abordados. Na área de Agronomia são abordados temas inovadores como a identificação de doenças com técnicas de visão computacional, emprego da técnica de espectroscopia e a calibração por regressão linear múltipla na determinação de misturas com óleos vegetais de oliva, entre outros temas.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Exatas, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora. Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a área da Física, Matemática, Mecânica e na Agronomia e, assim, contribuir na procura de novas pesquisas e tecnologias que possam solucionar os problemas que enfrentamos no dia a dia.

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE NUMÉRICA DOS DIFERENTES PROCESSOS DA MULTIPLICAÇÃO INTERVALAR	
Alice Fonseca Finger	
Aline Brum Loreto	
Dirceu Antonio Maraschin Junior	
Lucas Mendes Tortelli	
DOI 10.22533/at.ed.5141924051	
CAPÍTULO 2	10
APLICAÇÃO DA TEORIA DA COMPLEXIDADE AO ESTUDO DE ATIVIDADE CEREBRAL REGISTRADA EM DADOS DE EEG (ELETROENCEFALOGRAMA)	
Sanielen Colombo	
Eduardo Augusto Campos Curvo	
DOI 10.22533/at.ed.5141924052	
CAPÍTULO 3	24
APRIMORAMENTO DO BANCO DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS PARA AUXÍLIO NA BIOPROSPECÇÃO DIRECIONADOS A ESTUDOS QUIMIOTAXONÔMICOS E DE TRIAGEM VIRTUAL DE ESTRUTURAS COM POTENCIAL ATIVIDADE ANTIPROTOZOÁRIA	
Bianca Guerra Tavares	
DOI 10.22533/at.ed.5141924053	
CAPÍTULO 4	29
AVALIAÇÃO PRELIMINAR DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS POR PESTICIDAS UTILIZADOS NO CULTIVO DA SOJA EM TRÊS MUNICÍPIOS DA REGIÃO OESTE DO PARÁ	
Joseph Simões Ribeiro	
Alessandra de Sousa Silva	
Ronison Santos da Cruz	
Bianca Larissa de Mesquita Sousa	
Ruy Bessa Lopes	
DOI 10.22533/at.ed.5141924054	
CAPÍTULO 5	36
DANOS OCASIONADOS EM RESIDÊNCIAS HISTÓRICAS POR VIBRAÇÕES	
Jussiléa Gurjão de Figueiredo	
Louise Aimeé Reis Guimarães	
Ylan Dahan Benoliel Silva	
DOI 10.22533/at.ed.5141924055	
CAPÍTULO 6	44
DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA PLANTA ALIMENTÍCIA NÃO CONVENCIONAL (PANC) ORA-PRO-NÓBIS PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA RAÇÃO ENRIQUECIDA COM <i>Tenebrio molitor</i> PARA GALINÁCEOS	
Gabriel José de Almeida	
Jorge Luís Costa	
Maira Akemi Casagrande Yamato	
Mariana Souza Santos	
Vitoria Rodilha Leão	
DOI 10.22533/at.ed.5141924056	

CAPÍTULO 7	57
DUAS PARTÍCULAS NUM BILHAR QUÂNTICO	
Pedro Chebensi Júnior	
Hércules Alves de Oliveira Junior	
DOI 10.22533/at.ed.5141924057	
CAPÍTULO 8	64
ELABORAÇÃO DE ATLAS AMBIENTAL DIGITAL PARA A MICRORREGIÃO DE FOZ DO IGUAÇU/PR	
Vinícius Fernandes de Oliveira	
Samuel Fernando Adami	
Giovana Secretti Vendruscolo	
DOI 10.22533/at.ed.5141924058	
CAPÍTULO 9	72
ESTUDO DO AQUECIMENTO DE UM <i>RASPBERRY PI 3</i> EM MANIPULAÇÃO DE IMAGEM E IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA TÉRMICO	
Daniel Rodrigues Ferraz Izario	
Yuzo Iano	
Bruno Rodrigues Ferraz Izario	
Carlos Nazareth Motta Marins	
DOI 10.22533/at.ed.5141924059	
CAPÍTULO 10	83
ESTUDO LABORATORIAL DE PROPRIEDADES MECÂNICAS E DE FLUIDEZ A PARTIR DA ADIÇÃO DE NANOTUBOS DE CARBONO NO CONCRETO CONVENCIONAL	
Késsio Raylen Jerônimo Monteiro	
Pedro Bonfim Segobia	
Peter Ruiz Paredes	
Simone Ribeiro Lopes	
DOI 10.22533/at.ed.51419240510	
CAPÍTULO 11	95
EVOLUÇÃO DA COMPUTAÇÃO AUTONÔMICA E ADOÇÃO DO MODELO MAPE-K: UMA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	
Rosana Cordovil da Silva	
Renato José Sassi	
DOI 10.22533/at.ed.51419240511	
CAPÍTULO 12	109
FLUXO DE ATAQUE DPA/DEMA BASEADO NA ENERGIA DE TRAÇOS PARA NEUTRALIZAR CONTRAMEDIDAS TEMPORAIS NAS ARQUITETURAS GALS4	
Rodrigo Nuevo Lellis	
Rafael Iankowski Soares	
Vitor Gonçalves de Lima	
DOI 10.22533/at.ed.51419240512	
CAPÍTULO 13	115
O ENSINO DA MATEMÁTICA E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA CONSCIÊNCIA AMBIENTAL DOS ESTUDANTES DA EDUCAÇÃO BÁSICA	
Cláudio Cristiano Liell	
Arno Bayer	
DOI 10.22533/at.ed.51419240513	

CAPÍTULO 14	130
OS DESAFIOS ENFRENTADOS PELA COMUNIDADE ESCOLAR AO LIDAR COM ALUNOS COM TDAH EM PEDRO LEOPOLDO/MG	
Aurea Helena Costa Melo	
DOI 10.22533/at.ed.51419240514	
CAPÍTULO 15	143
PDI SOFTWARE: IDENTIFICAÇÃO DE FERRUGEM EM FOLHAS DE SOJA COM TÉCNICAS DE VISÃO COMPUTACIONAL	
Hortência Lima Gonçalves	
Gabriel Rodrigues Pereira Rocha	
George Oliveira Barros	
Cássio Jardim Tavares	
DOI 10.22533/at.ed.51419240515	
CAPÍTULO 16	148
PERCEPÇÃO DA GESTÃO GEOLÓGICA E AMBIENTAL NA PREFEITURA DE SANTA CRUZ DO SUL, RIO GRANDE DO SUL	
Cândida Regina Müller	
Thays França Afonso	
Luciano Marquette	
Verônica Regina de Almeida Vieira	
Luis Eduardo Silveira da Mota Novaes	
Leandro Fagundes	
DOI 10.22533/at.ed.51419240516	
CAPÍTULO 17	154
PROCESSAMENTO DE IMAGENS PARA A DETECÇÃO DE PLACAS VEICULARES NO CONTROLE DE ACESSO EM ÁREAS RESTRITAS	
Yan Patrick de Moraes Pantoja	
Bruno Yusuke Kitabayashi	
Rafael Fogarolli Vieira	
Raiff Smith Said	
DOI 10.22533/at.ed.51419240517	
CAPÍTULO 18	163
DO PROPOSTA DE ARQUITETURA DE REDE NEURAL CONVOLUCIONAL INTERVALAR PARA O PROCESSAMENTO DE IMAGENS INTERVALARES	
Ivana P. Steim	
Lucas M. Tortelli	
Marilton S. Aguiar	
Aline B. Loreto	
DOI 10.22533/at.ed.51419240518	
CAPÍTULO 19	173
QUANTIFICAÇÃO DE AZEITE DE OLIVA EM MISTURAS COM ÓLEOS VEGETAIS UTILIZANDO FTIR E CALIBRAÇÃO POR REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA	
Lucas Wahl da Silva	
Clayton Antunes Martin	
DOI 10.22533/at.ed.51419240519	
CAPÍTULO 20	177
QUANTIFICAÇÃO DE PARTÍCULAS POR ESPALHAMENTO DE LUZ E DETERMINAÇÃO DA COR	

DE ÁGUAS

David Antonio Brum Siepmann
Ricardo Schneider
Alberto Yoshihiro Nakano
Paulo Afonso Gaspar
Antonio Cesar Godoy
Felipe Walter Dafico Pfrimer

DOI 10.22533/at.ed.51419240520

CAPÍTULO 21 193

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE MUROS DE GRAVIDADE CONSTRUÍDO COM SOLO-PNEUS

Guilherme Faria Souza Mussi de Andrade
Daniel Silva Lopez
Bruno Teixeira Lima
Ana Cristina Castro Fontenla Sieira
Alberto de Sampaio Ferraz Jardim Sayão

DOI 10.22533/at.ed.51419240521

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 208

APLICAÇÃO DA TEORIA DA COMPLEXIDADE AO ESTUDO DE ATIVIDADE CEREBRAL REGISTRADA EM DADOS DE EEG (ELETROENCEFALOGRAMA)

Sanielen Colombo

UFMT

Cuiabá – Mato Grosso

Eduardo Augusto Campos Curvo

UFMT

Cuiabá – Mato Grosso

RESUMO: O presente trabalho tem como objetivo a aplicação da Teoria da Complexidade em atividades cerebrais relacionadas aos estágios do sono e estado de vigília. A Teoria da Complexidade tem com o intuito de descrever sistemas clássicos (determinísticos), complexos e caóticos. O estudo das atividades cerebrais vem crescendo ao longo dos anos com o intuito de compreender os fenômenos associados ao cérebro. Neste trabalho utilizou-se dados de eletroencefalografia (EEG) relacionados a um indivíduo saudável durante a vigília e durante o sono. Os estágios do sono são divididos em cinco: estágio 1, 2, 3, 4 e REM. Esses estágios apresentam ondas cerebrais de comportamento bem definidos. As ondas cerebrais são registradas através do EEG. Dessa forma pode-se utilizar os conceitos da Teoria da Complexidade no estudo das ondas cerebrais, uma vez que os dados se apresentam como séries temporais.

PALAVRAS CHAVE: Teoria da Complexidade, Ondas cerebrais, Estágios do sono.

ABSTRACT: The present work has as objective the application of Complexity Theory in Brain Activities related to sleep stages and waking state. The Complexity Theory aims to describe the classical (deterministic) systems, complex and chaotic. The study of brain activities has been growing over the years in order to understand the phenomena associated with the brain. In this study we used electroencephalography (EEG) data related to exercise during wakefulness and during sleep. The stages of sleep are divided into five: stage 1, 2, 3, 4 and REM. The behavioral brain wave sensors are well defined. Brain waves are attractive through the EEG. This study is the use of the data of the complexes of the barracallists, a view of the data is set the temporal events.

KEYWORDS: Theory of Complexity, Brain Waves, Sleep Stages.

1 | INTRODUÇÃO

Os estudos envolvendo a Teoria da Complexidade foram iniciados no final da década de 1970, tendo os princípios gerais que definem os sistemas complexos sido definidos por Ilya Prigogine, prêmio Nobel em Química em 1977. A complexidade pode ser encontrada em diversas áreas do conhecimento humano tais como: linguística, matemática, química,

física, meteorologia, estatística e biologia, repercutindo também nos aspectos filosóficos dessas áreas da ciência. A Teoria da Complexidade tem como foco de estudo sistemas dinâmicos não-lineares. Esses sistemas dinâmicos caracterizam-se pela troca constante de energia, quantidade de movimento e matéria com o meio onde se inserem, possuindo assim um comportamento que difere de sistemas fechados e idealizados estudados pela física mecanicista. Um exemplo de sistema dinâmico não-linear são os próprios seres vivos, que trocam constantemente energia e informação com o meio ambiente (Paulo *et al.*, 2012).

A eletroencefalografia (EEG) é um método de monitoramento eletrofisiológico utilizado para registrar a atividade elétrica cerebral. É uma técnica não invasiva que possui uma alta resolução temporal (milissegundos), registrando a atividade elétrica do cérebro. A EEG mede as flutuações de tensão resultantes da corrente iônica dentro dos neurônios do cérebro. Ela é realizada através de eletrodos posicionados de maneira estratégica no escalpo (Figura 1). O amplificador aumenta a intensidade dos potenciais elétricos que captam a atividade média da região cerebral permitindo o estudo das atividades cerebrais.

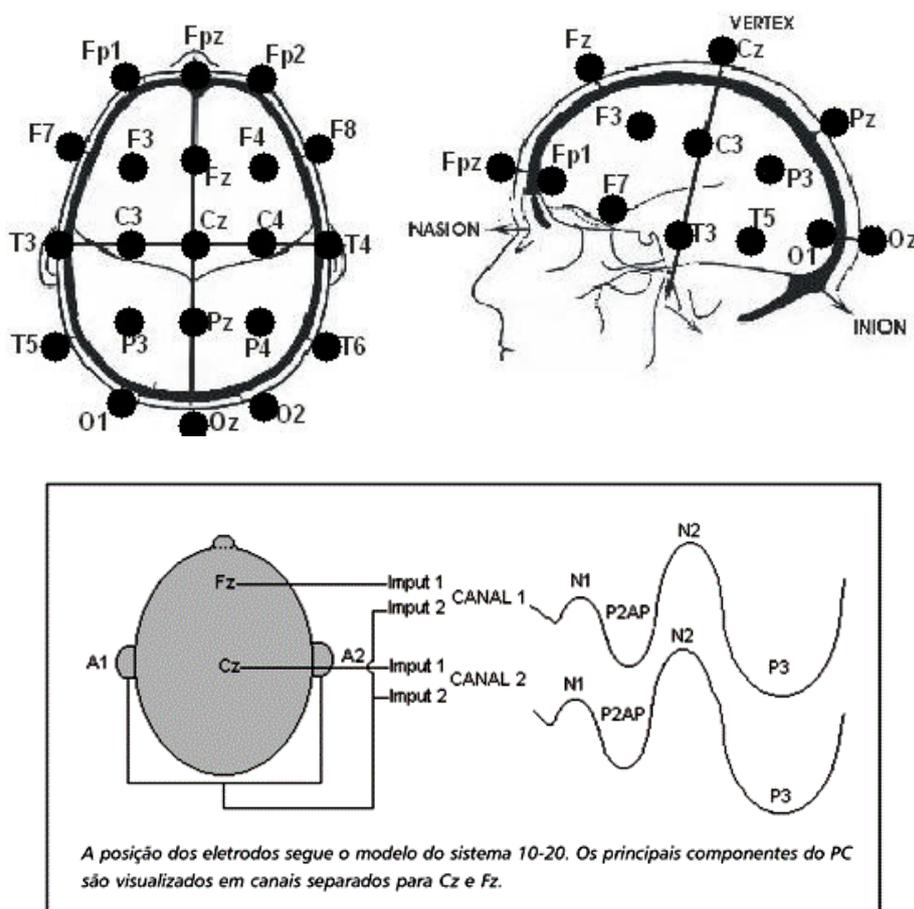


Figura 1 – a) Posicionamento dos eletrodos no couro cabeludo. b) Desenho esquemático: posição dos eletrodos e características do traçado normal. (<http://brasilelemedicina.com.br/marcas/laudo-24hs/> e http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-282X2001000200008).

As oscilações neurais registradas pelo EEG são divididas de acordo com sua

frequência, variando assim de acordo com a atividade desenvolvida pela pessoa. As formas de ondas são subdivididas em: Delta (< 4 Hz), que se apresentam no estado de sono profundo. Teta (4-7 Hz), que estão presentes na fase dos sonhos e proporciona a experiência de meditação profunda. Alfa (8-15 Hz), que se apresentam no estado de relaxamento, visualizações de imagens sensoriais e devaneios. Beta (16-31 Hz), que são ondas rápidas relacionadas ao estado de processo de pensamento. Gama (> 32 Hz), que estão envolvidas na maior parte da atividade mental e consolidação das informações adquiridas (Fernandes, 2006).

Já existem trabalhos na literatura que aplicam a Teoria da Complexidade ao estudo de atividade cerebral registrada em dados de EEG (Grassberger *et al.*, 1991; Pritchard & Duke, 1992; Pradhan *et al.*, 1995). Desta forma, utilizaremos a Teoria da Complexidade aplicada ao comportamento de ondas cerebrais, com a utilização de dados do eletroencefalograma (EEG).

O objetivo geral deste trabalho é a familiarização da aluna com técnicas relacionadas à EEG e à Teoria da Complexidade. Especificamente visa-se analisar os registros do EEG (para o sono e vigília) de 5 indivíduos. Com esse intuito serão realizadas as seguintes atividades:

- Estimativa do tempo de defasagem (τ) para cada um dos diferentes estágios do sono (estágios 1, 2, 3, 4 e REM) e o estado acordado;
- Obtenção do atrator relacionado a cada um desses estágios;
- Estimativa da dimensionalidade de correlação do atrator referente aos estados de vigília e aos estágios do sono.

2 | REVISÃO DA LITERATURA

Em 1929 o psiquiatra alemão Hans Berger descobriu que era possível registrar correntes elétricas geradas pelo cérebro humano e que essa atividade cerebral se alterava de acordo com a atividade realizada, tais como sono, anestesia ou epilepsia (Figura 2).

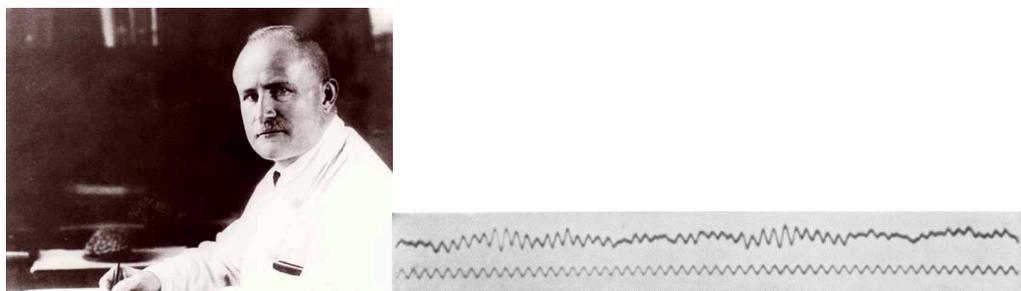


Figura 2 – a) Hans Berger psiquiatra alemão que descobriu ondas neurais em seres humanos. b) A primeira gravação de EEG em seres humanos obtida por Hans Berger, no ano de 1924. A linha superior é EEG, e a inferior é de 10 Hz, o sinal temporal. (<https://pt.wikipedia.org/wiki/Eletroencefalografia#Hist.C3.B3ria>).

O sono é um estado composto de vários estágios que se alternam ciclicamente

durando à noite. O sono é formado pelos estágios 1, 2, 3, 4 e REM (Silva, 1996). Cada ciclo ocorre cerca de 4 a 6 vezes por noite, variando de acordo com período total do sono (época). O estágio 1 corresponde ao sono mais superficial com a presença de movimentos oculares lentos e é caracterizado por ritmos de baixa voltagem e de frequência variável, faixa inferior a 8Hz. O estágio 2 é caracterizado pela presença de um ou mais fusos do sono (com duração de 0,5 à 1,5s). O estágio 3 é caracterizado pela presença de ondas delta com mais de 75 V em um determinado período de tempo (entre 20% e 50% da época) onde os fusos de sono podem ou não estar presentes. O estágio 4 caracteriza-se pela presença de ondas deltas com mais de 75 V em mais de 50% da época e também podem ou não apresentar os fusos do sono. O REM dessincronizado assemelha-se ao estágio 1 (Albuquerque *et al.*, 1998).

A Teoria da Complexidade tem como principal foco de pesquisa o estudo de sistemas complexos. Nesses sistemas, a interação entre componentes simples que compõe o mesmo, dão origem a um padrão complexo, mesmo sem a existência de um controle central. Por exemplo pode-se citar uma colônia de formigas, um conjunto de neurônios (o cérebro) e uma tempestade.

Ao analisarmos a evolução de sistemas através de gráficos bidimensionais ou tridimensionais, observa-se um comportamento característico descrito pela trajetória descrita pelo sistema no espaço de fase. Esse gráfico é conhecido como o atrator. Dessa maneira, o atrator pode possuir tantos graus de liberdade no espaço de fase quanto o número de variáveis que influenciam o sistema, sendo que as propriedades gerais da dinâmica de um sistema podem ser deduzidas pela forma de seu atrator. O número mínimo de variáveis necessárias para especificar o estado dinâmico do sistema é denominado de dimensionalidade do espaço de fase (Hilborn, 1994). Por exemplo, um atrator que descreve um fenômeno cíclico, como a variação da temperatura com o passar dos dias durante um mês de seca, apresenta-se visualmente como um ciclo (Figura 3).

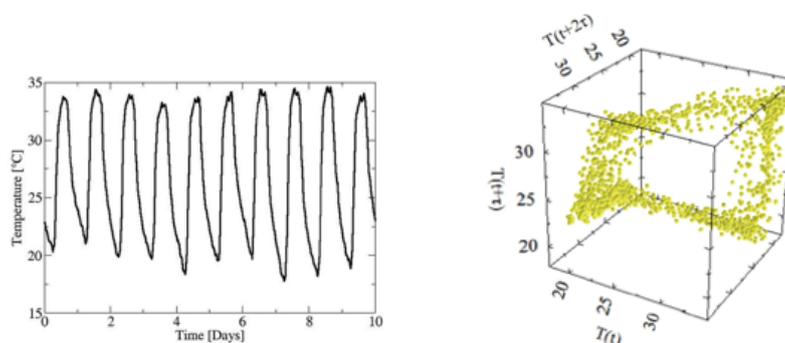


Figura 3 – a) Variação da temperatura para os primeiros 10 dias de uma estação seca. b) Atrator representando a variação da temperatura durante um mês da estação seca. Ambas as figuras são de Paulo *et al.*, 2015.

Os autores Ekmann e Ruelle (1985) definem dimensão de um conjunto como

a quantidade de informação necessária para especificar os pontos do atrator com exatidão. Entretanto, segundo Abarbanel *et al.*, (1993), o simples conceito de dimensão como o número de coordenadas necessárias para especificar estados é um conceito geométrico relacionado com escalas de volumes “V” ou hipervolumes, função de um parâmetro de comprimento “L” característico e da dimensão “d” do objeto:

$$V \propto L^d \quad [1]$$

Isolando a variável d, a dimensão é definida matematicamente como:

$$d = \frac{\log V}{\log L} \quad [2]$$

As aplicações são um subconjunto de ou espaços de Banach, e as métricas naturais a serem usadas são definidas pela norma. Dessa maneira a equação 2 se transforma em:

$$d = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{\log[N(\epsilon)]}{\log\left(\frac{1}{\epsilon}\right)} \quad [3]$$

Onde $N(\epsilon)$ é o número mínimo de conjuntos elementares necessários para cobrir o espaço considerado e ϵ é o tamanho de cada elemento do conjunto elementar.

Segundo o método de Grassberger e Procaccia (1983), essa medida da densidade do atrator imerso no espaço de fases denomina-se de dimensão de correlação e ela fornece uma estimativa do número mínimo de equações diferenciais necessárias para descrever a dinâmica do sistema.

A fórmula da dimensão de correlação D_c é:

$$D_c = \lim_{R \rightarrow 0} \frac{\log[C(R)]}{\log R} \quad [4]$$

Onde a função correlação integral, $C(r)$ é dada por:

$$C(R) = \frac{1}{N^2} \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^N \theta(r - |x_i - x_j|) \quad [5]$$

Assim, x_i representa um ponto no espaço, $C(r)$ mede como a extensão de um dos pontos de dados engloba a posição de outros pontos. De outra maneira $C(r)$ pode ser entendido como função de correlação integral do atrator. N representa o número de pontos analisados no atrator e $\Theta(x)$ é a função degrau de Heaviside e esta função obedece às seguintes circunstâncias:

$$\begin{cases} \theta(x) = 1 & \text{se } x \geq 0 \\ \theta(x) = 0 & \text{se } x < 0 \end{cases} \quad [6].$$

Desse modo, pode-se obter o valor da dimensão de correlação através da inclinação da reta $\log [C(r)] \times \log [r]$, como representa a Figura 4.

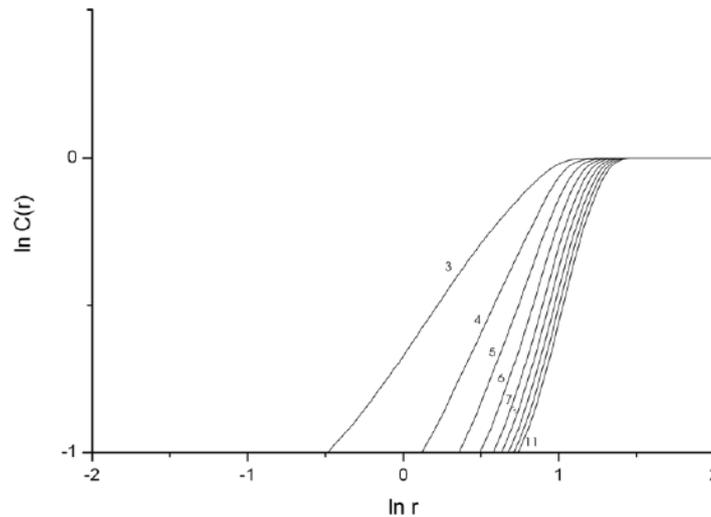


Figura 4 – Gráfico da dimensão de correlação pelo método de (Grassberger & Procaccia, 1983).

3 | METODOLOGIA

Estudou-se trabalhos sobre a teoria da complexidade, sobre os estágios do sono e trabalhos que aplicam a teoria da complexidade aos dados de EEG (neste caso sobre os estágios do sono). Dada essa familiarização inicial com o tema da pesquisa pode-se prosseguir com o desenvolvimento da mesma conforme o cronograma.

Os dados utilizados foram obtidos na internet, nos seguintes sites: <http://bbci.de/competition/ii/index.html>, <http://www.physionet.org/physiobank/database/sleep-edfx/>, http://www.tech.plymouth.ac.uk/spmc/links/eeg/eeg_database.html, com cerca de 8 milhões de dados do EEG relacionado a um período de 15 horas da paciente (uma mulher saudável de 33 anos). Com o software *Polyman*, obtido no site <http://www.edfplus.info/downloads/>, extraiu-se e separou-se cada período, estágio 1, 2, 3, 4, REM e o estado de vigília, desta forma obteve-se o hipnograma e seus atratores.

Analisando os dados de EEG com o software *Complex*, desenvolvido pelo Grupo de Complexidade da Física Ambiental da UFMT, extraiu-se a dimensionalidade relacionada aos estágios 1, 2, 3, 4, REM e o estágio de vigília de 1 indivíduo. No plano de trabalho original havia sido proposto que as análises aqui desenvolvidas fossem realizadas para cinco indivíduos. Contudo, durante o desenvolvimento do projeto verificou-se que não haveria tempo hábil para a aluna desenvolver todas essas análises dentro do prazo da IC. Optou-se então por realizar todas as análises propostas para um único indivíduo.

Através do software *Complex* extraiu-se a informação mútua contida em cada série

temporal, com uma limitação de 2 mil dados. Segundo Pradhan 1995 deve-se utilizar o mesmo número de dados da série temporal para todos os estágios do sono. Caso sejam utilizados números diferentes de dados para cada estágio do sono, os valores da informação mútua e a dimensão de correlação serão naturalmente diferentes.

Os parâmetros utilizados pelo software *Complex* para a extração da informação mútua de cada estágio do sono e vigília, *Tau máx. 1000* e *Number of intervals 20*, foram iguais para todos os estágios.

A dimensão de correlação também foi utilizada pelo software *Complex*. Para o cálculo da dimensão de correlação é preciso fornecer o tempo de defasagem (τ), o espaço de dimensão (iniciando a partir do 2 até 10) e o tamanho máximo e mínimo da esfera que fixamos -2 e 4.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O hipnograma é um gráfico que representa as fases do sono como função do tempo. O hipnograma foi desenvolvido como uma maneira fácil de apresentar as gravações da atividade das ondas cerebrais de um EEG durante um período de sono.

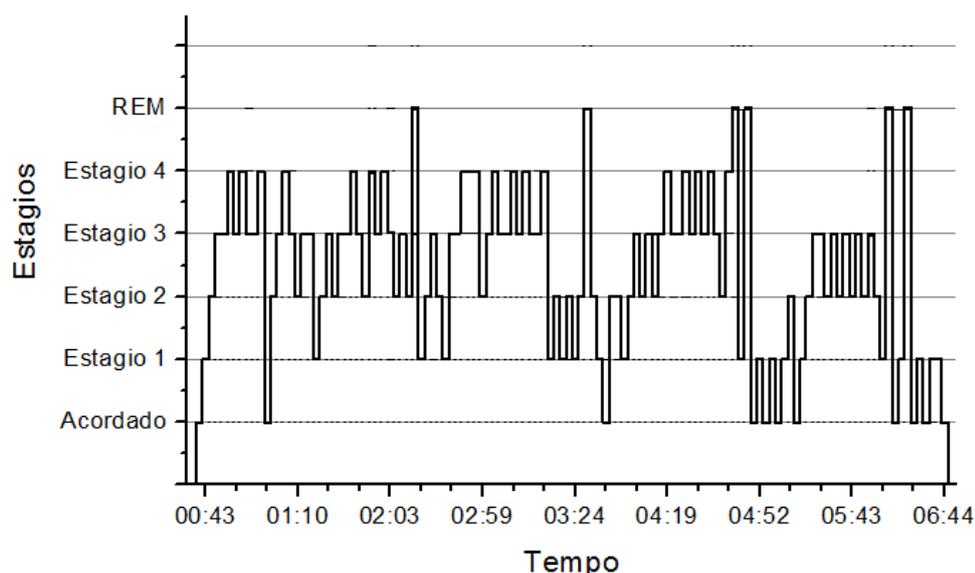


Figura 5 – Hipnograma de uma mulher saudável de 33 anos ao longo de um período de 15 horas.

Pelo hipnograma (Figura 5) observa-se que durante o período registrado pelo EEG houve uma maior predominância do estágio 3 do sono, estágio caracterizado pelo sono profundo. A série temporal utilizada no trabalho é a do eletrodos Fpz-Cz (τ) (Figura 6), do EEG.

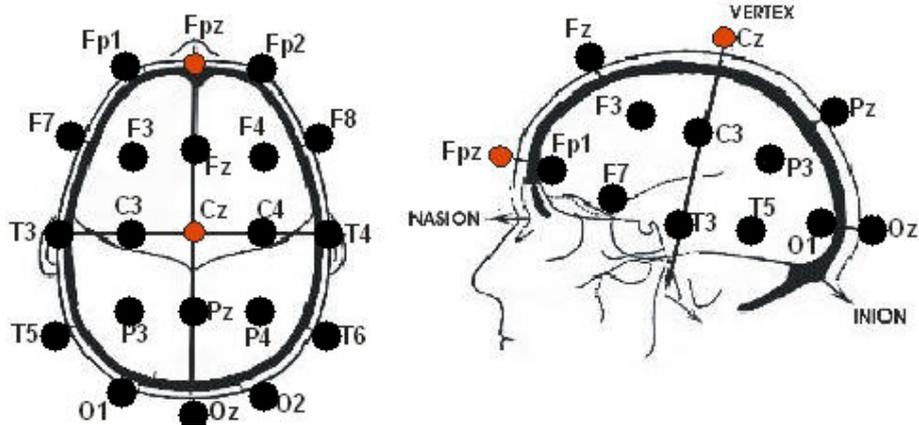


Figura 6 – Em destaque a localização dos eletrodos Fpz-Cz utilizado na pesquisa.

Com os valores fornecidos pelo software *Complex* plotou-se um gráfico do tempo de defasagem (τ) (Figura 7). Desse gráfico encontra-se o tempo de defasagem (τ) ótimo. O tempo de defasagem ótimo é obtido através do primeiro mínimo do gráfico, Figura 6 e Tabela 1. O tempo de defasagem ótimo será utilizado posteriormente para obter os atratores e a dimensão de correlação utilizando o software.

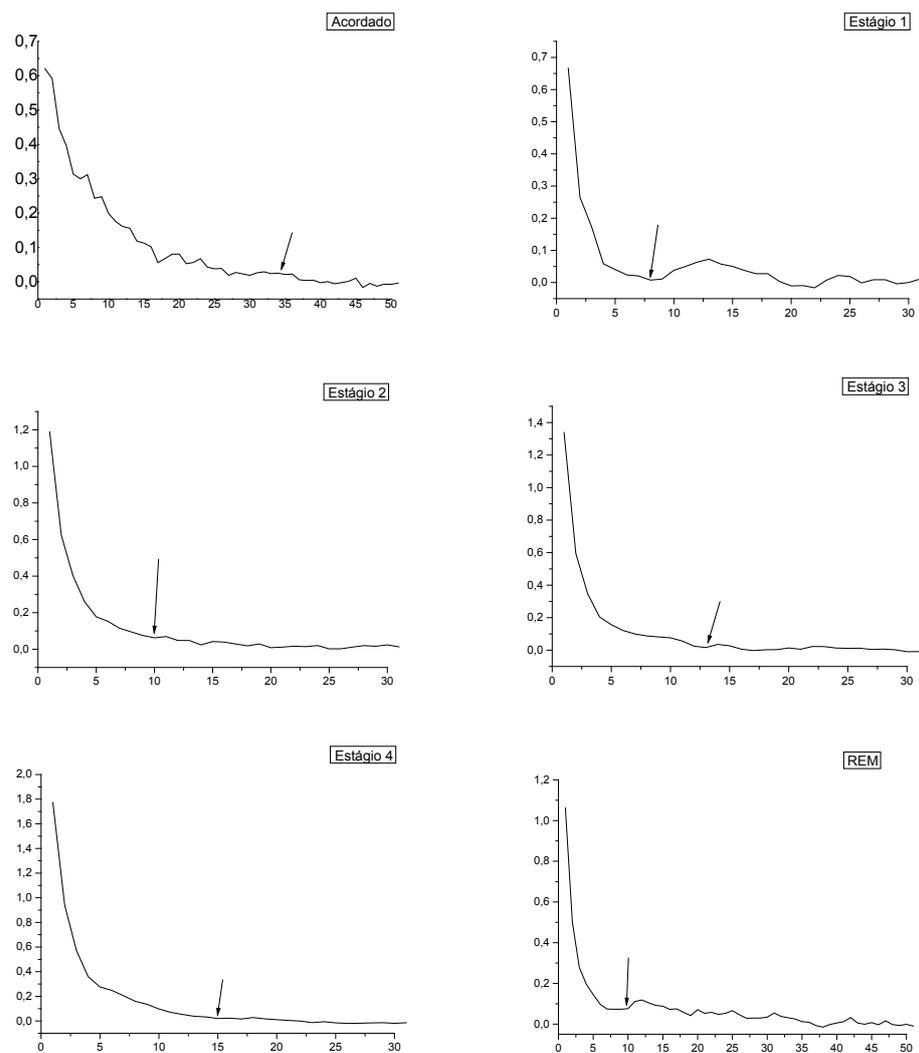


Figura 7 – Tempo de defasagem do estado de vigília e os estágios do sono. As setas indicam os tempos ótimos de defasagem selecionados para cada estágio.

<i>Estágio</i>	<i>Tempo ótimo de defasagem (τ)</i>
Acordado	34
Estágio 1	8
Estágio 2	10
Estágio 3	13
Estágio 4	15
REM	8

Tabela 1 – Tempo de defasagem

Com o tempo ótimo de defasagem referente a cada estágio obteve-se os atratores:

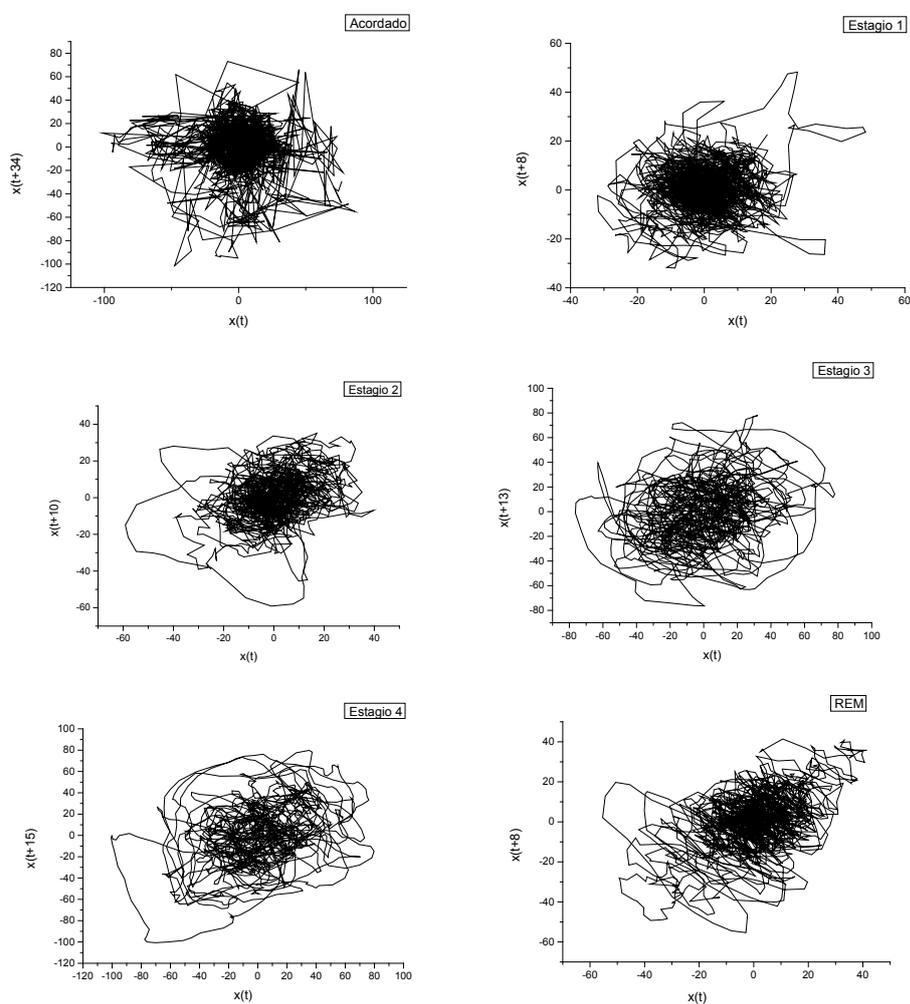


Figura 8– Atratores em 2D utilizando o tempo de defasagem referente a tabela 1.

O tempo computacional do software *Complex* para o cálculo da dimensão de correlação cresceu conforme aumentou-se o tamanho do espaço de fase, Tabela 2.

Espaço de Fase	Tempo Computacional (min)
2	5,34
3	8,13
4	12,00
5	14,55
6	19,39
7	28,00
8	28,00
9	28,00
10	28,00

Tabela 2 – Dimensão de correlação

Após a obtenção do tempo de defasagem obteve-se a dimensão de correlação dos estágios com o seguinte gráfico.

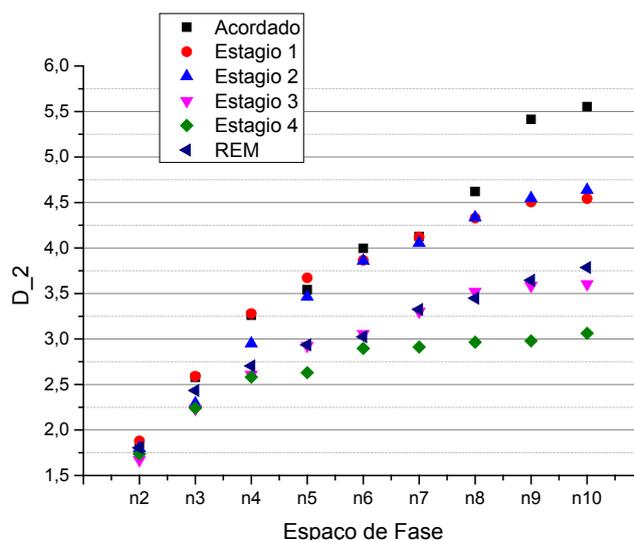


Figura 9 –Dimensionalidade dos estágios do sono e vigília.

Na Figura 9 observa-se que para o espaço de fase 2 (n2) todos os estágios possuem aproximadamente a mesma dimensão de correlação (D_2). O estado de vigília aumenta rapidamente sua complexidade conforme aumenta-se a dimensão do espaço de fase. Os estágios de ondas mais lentas, como estágio 4 estabilizam mais rapidamente. Os estágios 1 e 2 evoluem praticamente juntos.

Desta forma a dimensão de correlação dos estágios do sono e vigília, Tabela 3.

Estagio do Sono	D_2
Acordado	5,5
Estagio 1	4,5
Estagio 2	4,6
Estagio 3	3,6
Estagio 4	3,0
REM	3,8

Tabela 3 – Dimensão de correlação

A dimensão de correlação (D_2) nos mostra a complexidade das ondas cerebrais referentes aos estágios do sono e vigília. Desta forma, a tabela 2 mostra que para o estado de vigília a dimensão de correlação é maior que para os outros estágios, sendo um resultado esperado. Por exemplo, ao realizar-se uma atividade específica, como a leitura de um livro, ativa-se regiões cerebrais referentes à visão, ao tato e à imaginação, aumentando assim a dimensão de correlação referente ao estado de vigília.

Nos estágios 1 e 2 observa-se uma diminuição de 0,1 em sua dimensão de correlação. Esse decréscimo na dimensão pode estar relacionado ao relaxamento dos músculos, diminuição dos batimentos cardíacos e respiração referente ao estágio 2.

Para os estágios 3 e 4 o decréscimo de 0,6 é relacionado à “profundidade do sono”. No estágio 3 o grau de profundidade do sono é maior, diferenciando-se do estágio 4 devido à intensidade do sinal captado.

O estágio REM possui uma dimensão de correlação de 3,8, sendo maior que o D_2 do estágio 4. O estágio REM é caracterizado pelos sonhos, aumentando assim a atividade cerebral, pois ao sonhar também aciona-se parcialmente os músculos, batimentos cardíacos, respiração e o globo ocular.

Os estágios do sono são caracterizados por tipos de ondas específicas, conforme a tabela 4. Entretanto, para o estado de vigília a onda predominante é a onda delta podendo assim ocorrer mudança dependendo da função realizada pelo indivíduo.

Estagio do Sono	Onda Cerebral
Estagio 1	Alfa
Estagio 2	Teta
Estagio 3	Delta
Estagio 4	Delta
REM	Teta e Alfa

Tabela 4 – Relação dos estágios do sono com a onda presente.

Os atratores mostram padrões de discernimento para a atividade alfa e beta (em estado de alerta) e a atividade delta (no estágio 4 de sono) (Fig. 8). Ao realizar a comparação dos atratores adquiridos neste trabalho com os obtidos no

artigo *Patterns of Attractor Dimensions of Sleep EEG* (Pradhan, 1995), observou-se o mesmo comportamento esférico para o estágio 1 (referente as ondas alfa), o comportamento mais caótico para o estado de vigília (a predominância de ondas beta) e um comportamento elipsoide nos estágios 3 e 4 (ondas delta).

Distinguiu-se também uma diminuição no espaço de fase da atividade alfa e delta, indicativas do comportamento do “caroço” (núcleo) do atrator. Isso pode refletir a sincronização de atividades em conjuntos neuronais. Em contraste, o gráfico de espaço de fase das ondas beta e teta (estágios 2, REM e vigília), é mais sugestivo de um comportamento caótico que aparece como atividade aleatória.

Os resultados obtidos neste trabalho para a dimensão de correlação foi distinto ao comparado com o trabalho realizado por Pradhan *et al.* 1995, contudo obtiveram-se conclusões semelhantes, conforme a tabela 5.

Estagio do Sono	Onda Cerebral
Acordado	8,70
Estagio 1	7,26
Estagio 2	6,88
Estagio 3	3,36
Estagio 4	4,45
REM	9,20

Os valores da dimensão de correlação foram significativamente menores no sono caracterizado por ondas lentas, em comparação com o estágio 1 ou o estágio 2 do sono. O valor da dimensão do estágio de vigília foi significativamente maior em comparação aos outros estágios do sono (Tabela 3). Os valores de dimensão são maiores na vigília e no sono leve.

5 | CONCLUSÃO

As dimensões de correlação e os atratores obtidos neste trabalho de Iniciação Científica foram concordantes com dados existentes na literatura. Desta forma, o trabalho desenvolvido e os métodos utilizados satisfizeram os objetivos propostos no plano de trabalho.

6 | DIFICULDADES ENCONTRADAS E AÇÕES ADOTADAS

As maiores dificuldades relacionadas ao projeto foram a obtenção dos dados do EEG, extração dos dados do EEG e a análise computacional. A obtenção dos dados de EEG de uma pessoa sadia só foi possível devido a alguns estudos já realizados nessa área. Os dados de EEG não foram obtidos em sites nacionais tornando-se necessário a pesquisa em sites estrangeiros.

O tempo de máquina necessário para a análise do programa *Complex* aumentou progressivamente, dificultando assim a obtenção da dimensão de correlação. Contudo não poderíamos realizar nenhuma ação a não ser esperar a execução do programa. Outra dificuldade encontrada foi a obtenção do tempo de defasagem.

O tempo defasagem é obtido através da plotagem dos resultados da informação mútua, após plotar o gráfico precisamos encontrar o primeiro mínimo para cada estágio aumentando assim a margem de erro dele.

REFERÊNCIAS

- A., H. D. I.; B., R.; S. J. J.; T., L. S. ***The analysis of observed chaotic data in physical systems.*** Rev. Mod. Phys. 1993
- C., A.S.L.O.; R., F. M.; M., E.E.N.; R., R. R.; B., M. J. A.; S., L.D.A. ***Searching chaos and coherent structures in the atmospheric turbulence above the Amazon forest.*** Phil. Trans. R. Soc. A, 2007.
- A., M.; C., J. O.; C., C. J. R.. **Distúrbios do sono, Epilepsia e Indicações para Registro Polissonográfico.** Revista de Neurociências, pág. 69-74, 1998.
- DE P., S. R.; DE P., I. J. C.; DE D., Y.. **Reconstructing the micrometeorological dynamics of the Southern Amazonian transitional forest.** Chaos 25. 2015
- F., J.; F., G.; E., C. E.. **More tha synchrony: EEG chaoticity may be necessary for conscious brain functioning.** Medical Hypotheses 158-160. 2013.
- F., R. M. F.. **O sono Normal. Simplório: Distúrbios Respiratório do sono.** Capítulo I. pág. 157-168. Abril/junho 2006.
- J. -P. E.;D. R.. ***Ergodic theory of chaos and strange attractors.*** Rev. Mod. Phys. 1985
- P., N.; S.; P. K.; C., S.; D., D. N.. **Patterns of Attractor Dimensions of Sleep EEG.** Comp. Biol. Med. Vol. 25, nº 5, pp. 455-462. 1995.
- N., H. M.. **Complexidade e o Caos.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol 22, nº2, junho de 2000.
- S., H.. **Análise da temperatura do ar fundamentada na Teoria da Complexidade em floresta de transição no norte de Mato Grosso.** Tese de pós graduação UFMT. 2015
- S., R. S., **Introdução ao Estagiamento do Sono Humano.** Brazilian Journal of Epilepsy and Clinical Neurophysiology, pág. 187-199, 1996.

SOBRE OS ORGANIZADORES

JORGE GONZÁLEZ AGUILERA Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialista em Biotecnologia pela Universidadde Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura, com especialização em Biotecnologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de vitroplantas. Tem experiência na multiplicação “on farm” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; Trichoderma, Beauveria e Metharrizum, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmentede soja, milho e feijão. E-mail para contato: jorge.aguilera@ufms.br

ALAN MARIO ZUFFO Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí –UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal deLavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal doMato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência naárea de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan_zuffo@hotmail.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-351-4

