

# Gerador de atividade de disparos: Ferramenta Computacional

Daniel F. Costa

Departamento de Ciência da Computação  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) – Natal, RN – Brasil

daniel.ferreira.costa@hotmail.com

**Abstract.** *It is proven that there are several stages of sleep, and that they are different. The best method of detecting sleep is by noting experimental evidence, which is often performed in adult rats. Composed of the result of experiments, it is aimed to create a computational tool that simulates the behavior of the neurons, in the home phase, aiming to reduce much of the real experiments.*

**Keywords:** *Computational tool; Sleep Phases; Neurons; Experiments.*

**Resumo.** É comprovado que existem diversas fases do sono, e que elas agem de maneira diferente. O melhor método de se entender o sono é constatando evidências experimentais, que muitas vezes são realizadas em ratos adultos. Com posse do resultado desses experimentos, visa-se criar uma ferramenta computacional que simule o comportamento dos neurônios, em casa fase, objetivando reduzir grande parte dos experimentos reais.

**Palavras-chave:** Ferramenta computacional; Fases do sono; Neurônios; Experimentos.

## 1. Introdução

No início da década de 30, quando os conhecimentos sobre ciclo vigília-sono se desenvolveram, o sono era descrito como um processo unitário composto por diversos estágios com características próprias [1]. Até que foi observado a existência de um outro estado do sono caracterizado por ativação cortical e surtos de movimentos oculares rápidos, chamado posteriormente de estado REM [1]. A partir desse momento o sono passa a ser considerado como composto por dois estados, denominados de REM e NREM. Nos anos seguintes foi observado que durante o sono os estados se alternam ciclicamente, além de outras descobertas sobre os sonhos [1].

Outrora o sono era considerado um fenômeno passivo, mas essa ideia foi deixada de lado, tendo em vista que durante o sono existem períodos em que o comportamento dos neurônios, músculos, sistema nervoso e outros se assemelham muito ao estado de vigília [2]. Não é possível dizer qual a função do sono, porém, é possível relacionar a funções como conservação de energia, e que possui influencia no organismo e no cérebro como um todo. O sono é estudado como um fenômeno ativo, já que em muitos momentos, principalmente durante os sonhos, as descargas de neuronais são maiores do que as observadas em vigília tranquila [2].

O papel do sono ainda foi completamente desvendado, porem cada vez sabe-se mais sobre ele, e sobre sua estrutura [3]. Por falta de um método capaz de avaliar o que

ocorria sono, ele era dito como um estado único. Após o surgimento da polissonografia, reconhece-se hoje que o sono é composto por estágios e que eles são cíclicos [3]. Como já mencionado, o ultimo estagio a ser descoberto foi o REM (*rapid eye movements*), apesar de ocupar apenas 20% do sono, ele é tão importante que o restante dos estágios é chamado de sono NREM (Não REM)[3].

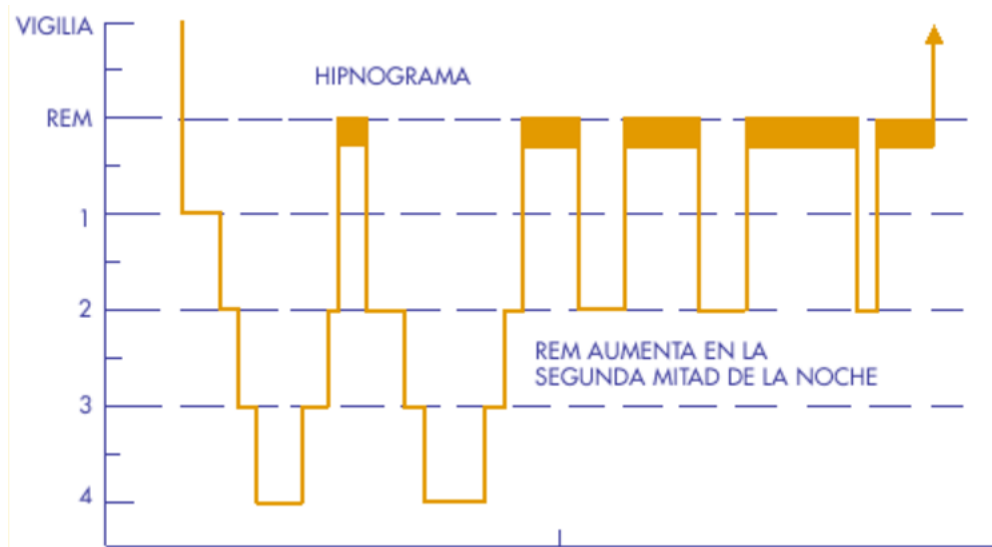
A melhor maneira para se entender como o sono tem forte efeito sobre uma pessoa é contrastando evidencias experimentais. Portanto, foi analisado a ativação dos neurônios durante o sono de ratos adultos, em ambientes propícios. Os testes são feitos de forma extremamente invasiva, com a implantação de eletrodos na cabeça dos animais, e são realizadas técnicas para a gravação de atividade neural.

O objetivo principal de criar um gerador de disparos neurais é reduzir boa parte dos experimentos reais, para que a necessidade de testes invasivos em animais seja menor, consequentemente, reduzir o uso de eletrodos, custos de material e tempo. Como também criar possibilidades que seriam muito difíceis de reproduzir em cenário real.

## 2. Entradas e Caracterização do problema

Serão necessárias quatro entradas (dados fornecidos pelo usuário) para a execução do gerador de disparos: O hipnograma; A quantidade de neurônios; PDF por cada estágio; E a matriz de correlação entre neurônios.

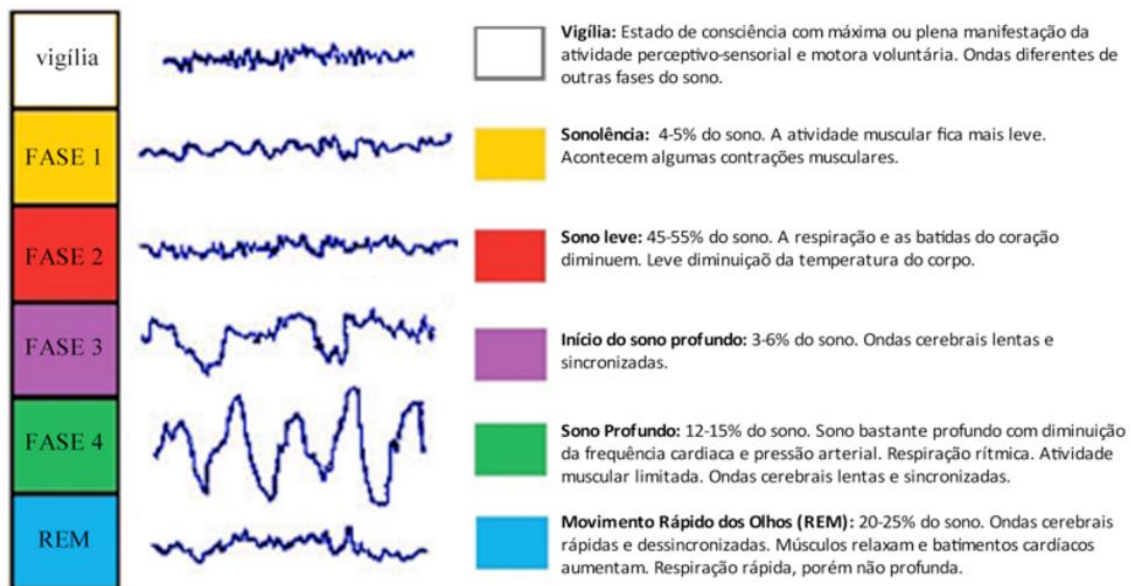
Uma forma bastante utilizada para visualizar o progresso do sono durante a noite é conhecida como hipnograma, Figura 1. Basicamente, consiste em um gráfico de linha xy cujo eixo x é tido como o tempo total analisado, e o eixo y como os estágios do sono e vigília. Normalmente, a ordem de apresentação dos estágios do eixo y é: vigília, REM, Estágio 1, Estágio 2, Estágio 3 e Estágio 4. Foi dito anteriormente que o sono é dividido em duas fases NREM e REM, por sua vez NREM (fase de ondas lentas ou SWS) é dividido em quatro estágios (sonolência, sono leve, inicio do sono profundo e sono profundo), que serão melhor detalhados na Figura 2.



**Figura 1. Representação do hipnograma graficamente; Vigília (acordado); REM (movimento rápido dos olhos); Estágio 1 (sonolência); Estágio 2 (sono leve), Estágio 3 (inicio do sono profundo); Estágio 4 (sono profundo)**

Fonte: [http://www7.uc.cl/sw\\_educ/enferm/ciclo/html/general/sueno.htm](http://www7.uc.cl/sw_educ/enferm/ciclo/html/general/sueno.htm)

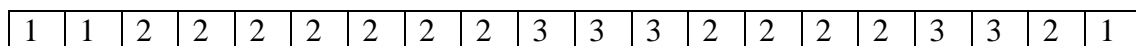
É notório, pela Figura 1, que no decorrer do sono e ao passar dos ciclos, o tempo dos estágios de sono profundo vão diminuindo e o de sono REM tendo acréscimos. Também é fácil perceber que a atividade neural do estágio de sono REM com o estado de vigília são semelhantes, dessa forma, diz-se que o sono é um período ativo e não passivo. As ondas cerebrais, normalmente, são classificadas segundo a sua frequência, sendo nomeadas como: alfa, beta, teta e delta. Onde as ondas Deltas possui uma frequência menor que 3,5 Hz e a Beta entre 14 e 25 Hz.



**Figura 2. Detalhamento dos estágios do sono**

Fonte: <http://www.nanocell.org.br/sonhos-lucidos-durante-o-sono-podemos-induzi-los/>

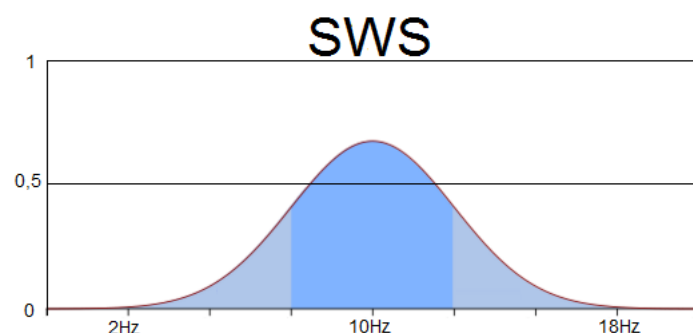
A entrada fornecida pelo usuário deve seguir o padrão a Figura 3: Onde 1 representa o estágio de vigília; o 2 representa o estágio SWS; e 3 o estágio REM. Vale ressaltar que cada espaço do vetor representa uma época (espaço de tempo em que são medidas as ativações), isso significa que cada espaço do vetor representa o estágio em que o usuário do sono se encontrava quando foi medido a época. É importante também, que o usuário informe a duração em segundos que uma época possui.



**Figura 3. Representação do hipnograma computacionalmente**

Em relação a quantidade de neurônios, essa entrada será meramente representada como um escalar, inteiro positivo. Um valor escalar é frequentemente associado para caracterizar grandezas física, seja na matemática, informática ou na própria física. Por exemplo: o valor “5”.

A função probabilística, PDF por cada estágio, é uma distribuição de probabilidade que descreve o comportamento aleatório de um fenômeno dependente do acaso. Dessa forma, como o comportamento é diferente em cada estágio, cada estágio deve possuir seu próprio PDF, que descreve o seu comportamento. Esse comportamento é medido por meio da média de ativação do neurônio por época em cada estágio do sono.



**Figura 3. Função probabilística (PDF) da etapa de ondas lentas (SWS)**

A Figura 3 é um exemplo de função de probabilidade. Nesse exemplo é representado o estágio SWS, como dito, os estágios de vigília e REM também deverão possuir suas próprias funções, uma vez que possuem médias de ativações de neurônios por época diferentes. Levando em consideração que neurônios que são muito ativos no estágio REM, não necessariamente possuem o mesmo comportamento nos demais estágios. Tendo em vista os PDF, uma das colunas da matriz da Figura 4, a coluna correspondente a época analisada, será completamente preenchida. Isto é, a ferramenta analisa todos os neurônios por época, para só então analisar a próxima época, e cada vez essa matriz é refeita

Época 1s	Vigília	SWS	REM
Neurônio 1	7	8	2
Neurônio 2	15	30	1
Neurônio 3	1	1	25
Neurônio 4	4	5	6
Neurônio 5	7	4	2

**Figura 4. Exemplo da representação de média de ativação por estágio**

Acresce a isso, tem-se também a matriz de correlação, Figura 5, que consiste de uma matriz bidimensional composta por gráficos correlacionando as diversas variáveis entre si, sendo útil para visualizar de forma imediata as potenciais correlações entre duas variáveis, entre todas as variáveis envolvidas, já que é possível identificar as correlações significativas em um gráfico, economizando tempo. A matriz de correlação é utilizada para iniciar a análise de quais neurônios estão associados a quais, isto é, as conexões de cada neurônio com outros, dessa forma “medir” a probabilidade desse neurônio em ativar no mesmo instante que um outro neurônio, ao qual está associado.

	Neurônio 1	Neurônio 2	Neurônio 3	Neurônio 4	Neurônio 5
Neurônio 1	1	-	-	-	-
Neurônio 2	0,56	1	-	-	-
Neurônio 3	0,86	0,63	1	-	-
Neurônio 4	0,13	0,44	0,50	1	-
Neurônio 5	0,08	0,82	0,50	0,10	1

**Figura 5. Representação da matriz de correlação**

Infelizmente, devido à complexidade da implementação da matriz de correlação, essa característica ainda não foi implementada na ferramenta descrita por esse artigo.

Com todas as entradas necessárias esclarecidas, a ferramenta calcula quantas vezes e em quais momentos da época cada neurônio foi ativado, subdividindo-a em pequenos intervalos, e preenchendo esses intervalos de forma aleatória, entretanto respeitando os dados e estudos relacionados, contudo, desconsiderando, ainda, a matriz de correlação.

Quando foi tido que a criação de um gerador de dados de disparos neurais possibilitaria reproduzir cenários muito difíceis em um panorama real. Levou-se em conta possibilidades como: “O que aconteceria se o rato dormisse por 30 horas sem nenhum estágio de REM?; Ou até mesmo “O que aconteceria se aumentasse um estágio específico muito mais do que os outros?”. Essas são possibilidades muito difíceis de serem testadas no cenário real, que facilmente poderiam ser estudadas computacionalmente.

### **3. Metodologia**

Toda a implementação será for realizada por meio do MATLAB, que se trata de um software interativo de alta performance voltado para o cálculo numérico. O MATLAB integra análise numérica, cálculo com matrizes, processamento de sinais e construção de gráficos em ambiente fácil de usar onde problemas e soluções são expressos somente como eles são escritos matematicamente, ao contrário da programação tradicional.

O primeiro passo a ser dado pela ferramenta é fazer a leitura das entradas, onde grande parte desses valores estão sendo representados em formato de vetor e apenas a quantidade de neurônios e o tempo da época em segundos são representados por um único inteiro. Após isso é chamado uma função que calcula a probabilidade acumulada por cada estágio, é essa probabilidade acumulada que será usada como parâmetro para decidir a quantidade de neurônios ativados após o sorteio. Esse sorteio acontece uma vez para cada neurônio em cada período de época, é importante frisar, que saber qual etapa do sono aquela época está associada é essencial. Após sortear o valor, esse número é comparado com os dados do vetor de probabilidade acumulada e o valor associado a ele da quantidade de disparos é encontrado. Tendo o valor da quantidade de disparos, sorteasse a distribuição desses disparos, isto é, o tempo exato ou posição em que ocorreu aquele disparo naquela respectiva época. Todo este procedimento é feito para cada neurônio, levando em consideração a quantidade de épocas existentes.

Após todos esses procedimentos, os dados gerados em formato de matriz são convertidos para o formato de cédula, pois dessa forma a função uma das funções presentes no código poderá funcionar. Além disso, é também nesse momento em que o vetor com a média de disparos por época é gerado, que será de suma importância para gerar o gráfico de algumas das saídas.

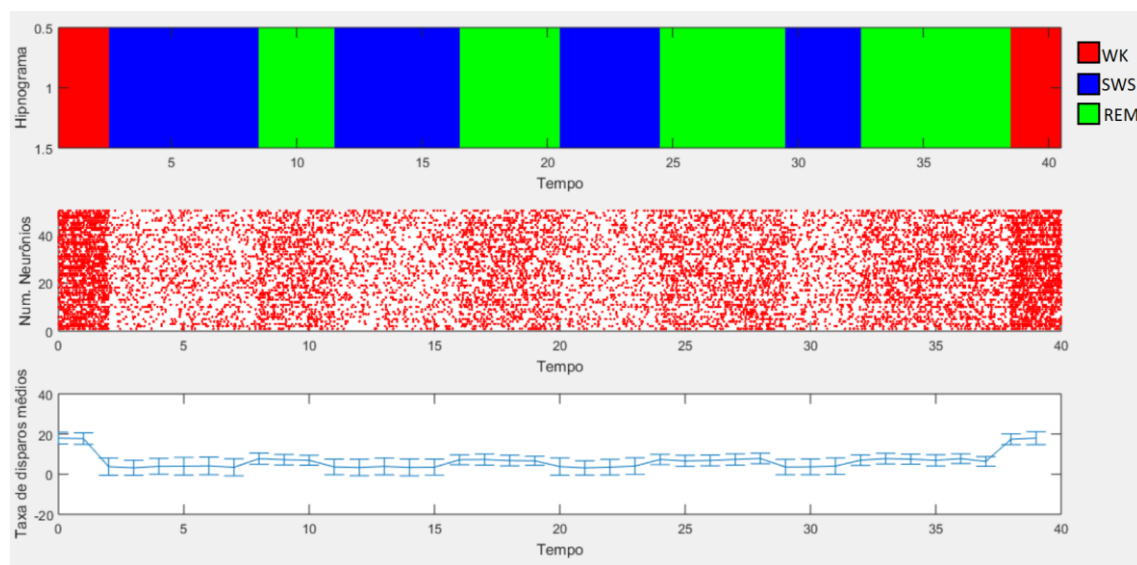
### **4. Resultados**

São geradas três saídas em formato gráfico, essas saídas estão sendo retratadas na Figura 6. O primeiro *plot* representa os valores do hipnograma, onde a área em vermelho corresponde a etapa de vigília, a área em azul a do SWS e a verde a do REM. Os valores do eixo Y são desconsiderados, o que realmente é importante nesse caso, são os valores

de X, que corresponde ao tempo, no exemplo mostrado na Figura 1, que é gerado uma época por segundo, é possível saber só de olhar para o gráfico a quantidade de segundos que foram analisados.

O segundo *plot* representa o local dos disparos de cada neurônio por tempo, onde o eixo Y corresponde a cada neurônio e o eixo X corresponde ao tempo. Sendo assim cada ponto vermelho do segundo gráfico comunica que naquele exato segundo X, o neurônio Y foi ativado.

Por fim, o terceiro *plot* representa o valor médio de disparos por época. Onde Y corresponde a quantidade média de disparos, e X o tempo. Note também, que há uma variância, desvio-padrão, que é calculado por meio da função std.



**Figura 6. Gerador de Atividade Neurais; Gráfico 1, hipnograma; Gráfico 2, disparos dos neurônios ao decorrer do tempo; Gráfico 3, taxa de disparos médios**

Nota-se um padrão entre os três gráficos. Ao comparar o primeiro *plot* com o segundo, por exemplo, pode-se ver que sempre que existe a coloração azul no hipnograma os neurônios tentem a disparar menos e o contrário acontecesse na coloração vermelha, percebesse essa mesma interação com o terceiro *plot*, nas áreas azuis a média de disparos é menor do que nas áreas verdes e vermelhas.

## 5. Considerações Finais

Esse artigo visa explicar, de forma sucinta a metodologia e motivações por trás da implementação da ferramenta computacional descrita no presente artigo. Os dados das experiências foram realizados pelo Instituto do Cérebro e fornecido pelo professor Wilfredo Blanco, no intuito de que ao final da disciplina de Biologia Computacional possa se ter um simulador que respeita os dados e estudos reais.

O levantamento de informações e conhecimentos adquiridos através das pesquisas realizadas foi de suma importância para o acréscimo de conhecimento e treinamento

prático das atividades estudadas. É esperado que as informações adquiridas nesse estudo sejam de fato utilizadas pelo professor em suas futuras pesquisas na área.

## **6. Referências Bibliográficas**

[1] <http://www.cerebromente.org.br/n12/mente/sono.html>

[2] MARTINEZ, Denis. O Sono. 1996. <http://www.vanet.com.br/doctor/sono.htm> (08 de Setembro de 1998).

[3] CARSKADON, Mary A. e RECHTSCHAFFEN, Allan. Monitoring and Staging Human Sleep. In : KRYGER, Meir, ROTH, Thomas e DEMENT, William. Principles and Practice of Sleep Medicine. 2. Ed. USA : W. B. Saunders Company, 1994.