

# UM ESTUDO MATEMÁTICO SOBRE NEUROCIÊNCIA

Ramiro Michelon

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE MATEMÁTICA E ESTATÍSTICA

DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA PURA E APLICADA

Orientador: Evandro Manica

Contato: ramiro.mat9@gmail.com



## Introdução

Ao longo da pesquisa acerca do mal de Alzheimer, inicialmente passou-se pelo estudo de doenças neurodegenerativa, procurando entender os processos bioquímicos que ocorrem no organismo e os biomarcadores que são característicos da doença. Em seguida utilizou-se um banco de dados, obtidos de exames de neuroimagem, correlacionando regiões cerebrais de ratos induzidos à doença através de fármacos a fim da obtenção de uma matriz de confusão.

De posse da matriz procurou-se permutar as regiões para obter um resultado já esperado: de que regiões do lado esquerdo e direito do cérebro são as mais bem correlacionadas. Passou-se então ao estudo da conectividade em uma rede neural. As conexões entre regiões são dependentes de uma magnitude temporal, e a escolha da medida utilizada exerce influência sobre na interação linear/não linear. Estudaram-se então algumas medidas de centralidade e observou-se o que alteração ocorria na matriz de confusão. Nesse trabalho realizamos um estudo um pouco mais aprofundado sobre neurociência e modelagem matemática do sistema neural.

## Codificação neural

Neurônios são células do corpo com habilidade de propagar sinais, em curto prazo, por longas distâncias. Essa propagação é realizada por pulsos eletromagnéticos chamados disparos ativos (spikes). Esses pulsos são a diferença do potencial elétrico entre o interior do neurônio e o meio extracelular. Se a célula for despolarizada suficientemente, o neurônio gerará um potencial de ação, flutuação de aproximadamente 100 mV do potencial elétrico que transpassa a membrana durante 1 ms.

Potenciais de ação transmitem informações através do tempo e podem ser modelados por uma lista de tempo quando o disparo neuronal acontece. Para  $n$  disparos denotamos o tempo  $t_i$ ,  $1 \leq i \leq n$ . A sequência de disparos pode ser representada por funções  $\delta$  de Dirac e a função de resposta neural como

$$\rho(t) = \sum_{i=1}^n \delta(t - t_i).$$

Como a sequência de potenciais varia, a resposta neural é tratada probabilisticamente. Os picos de disparo são tratados como variáveis contínuas e a taxa de disparos é estimada determinando a fração de tentativas por estímulos, com  $\langle \cdot \rangle$  sendo a média de tentativas para o mesmo estímulo.

$$r(t) = \int_t^{t+\Delta t} \langle \rho(t) \rangle d\tau$$

### Curva de sintonia:

A resposta neural depende de estímulos. Tomando  $s$  o valor de um estímulo, a resposta pode ser contabilizada pelo número de potenciais ativados durante um estímulo dividindo pela duração de cada tentativa. Obtemos assim a taxa média de disparos  $\langle r \rangle$ . Pegando esta taxa como função de  $s$  ( $\langle r \rangle = f(s)$ ), temos a chamada curva de sintonia de resposta neural.

Lei de Weber: para um estímulo  $s$ ,  $\Delta s$  é proporcional a magnitude do logaritmo da intensidade do estímulo.

O modelo de Poisson é útil para a aproximação do disparo neural, pois quando a taxa de disparos é constante, o modelo gera sequências de disparos com mesma probabilidade.

Podemos perceber que  $r(t)$  contém toda informação sobre o estímulo que pode ser extraído da sequência e o código de disparo pode ser chamado de código neural.

## Referências Bibliográficas

1. Rubinov, M., Sporns, O., 2010. Complex network measures of brain connectivity: Uses and interpretations. *NeuroImage* 52, 1059-1069.
2. Sporns, O., Betzel, R. F., 2016. Modular Brain Networks. *Annual Reviews of Psychology*, 613-642.
3. Ermentrout, G. B., Terman, D. H., 2010. *Mathematical Foundations of Neuroscience*. Springer, 35.
4. Dayan, P., Abbott, L. F., 2005. *Theoretical Neuroscience: Computational and Mathematical Modeling of Neural Systems*. The MIT Press.