Determinação da curva probabilidade de disparo de um neurônio utilizando dados experimentais

Dado um conjunto de dados experimentais, contendo as curvas com potencial de membrana de um neurônio ao longo do tempo para um dado estímulo (fig.1), pode-se inferir a probabilidade de disparo do mesmo.

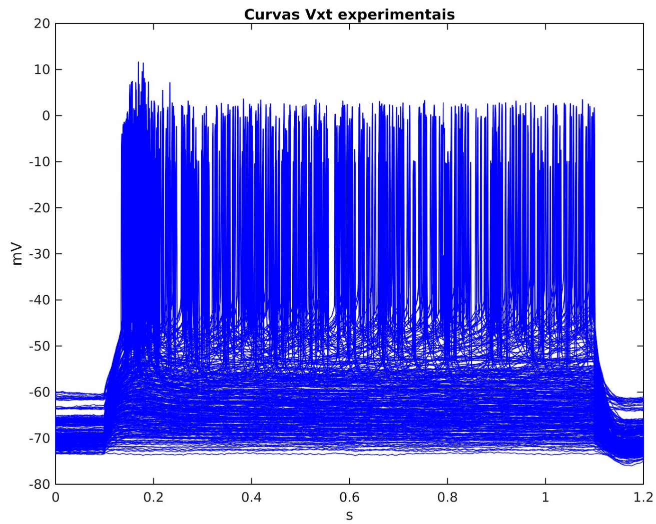


Fig.1 Curvas do potencial de membrana ao longo do tempo para diferentes estímulos aplicados à célula.

Um primeiro passo para determinação da curva $\phi(v)$ é a determinação dos potenciais limiares de cada experimento, isso é feito através do método VII descrito em [1].

A figura 2 mostra alguns valores de potencial detectados utilizando o método VII, tendo os valores dos potenciais dos neurônios, e também os valores apenas dos potenciais limiares encontrados, podemos determinar os histogramas das distribuição desses valores.

De acordo com o teorema de Bayes, a probabilidade de emissão de um ***spike*** dado um valor de potencial ***v,*** $P[spike|v]$, pode ser escrito como:

$$P[spike|v] = \frac{P[v|spike]P[spike]}{P[v]} \quad (1)$$

Onde $P[v|spike]$ é a probabilidade de ocorrência de um dado valor de v de potencial dado um *spike*, $P[spike]$, é a probabilidade de ocorrência de um spike, e $P[v]$, a probabilidade de ocorrência de um dado valor de v.

Determinar as probabilidades requeridas em (1), é uma tarefa simples, tendo os histogramas determinados previamente, indo por etapas, temos:

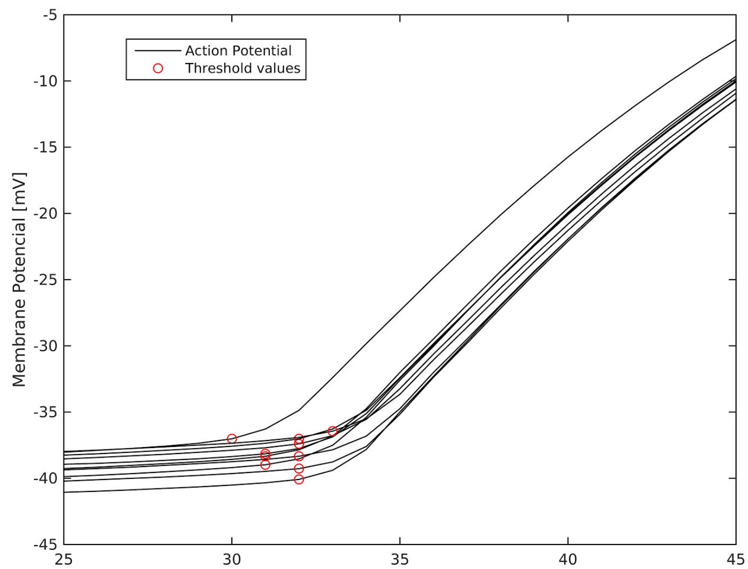


Fig 2. Potenciais limiares encontrados com o método VII, para alguns dos experimentos.

1. P[*v*]*:* Sendo o histograma dos potenciais dividido em ***M*** bins, com valores centrais $v = v_1, v_2, v_3, ..., v_M$. Temos que a probabilidade de ocorrência de um particular valor v_i é:

$$P[v_i] = counts(v_i) \div \sum_{j=1}^{M} counts(v_j) \quad (2)$$

Ou seja, dividindo o histograma pelo número total de contagens, cada bins será correspondente a probabilidade $P[v_i]$, e $\sum P[v_i] = 1$.

Obs: $counts(v_i)$, é o número de contagens no bin cujo o valor médio é v_i

2. P[*v*|*spike*]: Sendo o histograma dos potenciais limiares dividido em ***M*** bins, com valores centrais $v = v_{th1}, v_{th2}, v_{th3}, ..., v_{thM}$. Temos que a probabilidade de ocorrência de um particular valor v_{thi} é:

$$P[v_i|spike] = counts(v_{thi}) \div \sum_{j=1}^{M} counts(v_{thj}) \quad (3)$$

Obs: o sub-índice *th*, indica que as operações são feitas no histograma de potenciais threshold.

Dessa forma substituindo [2,3] em (1):

$$P[spike|v_i] = P[spike] \frac{counts(v_{thi}) \sum_{j=1}^{M} counts(v_j)}{counts(v_i) \sum_{j=1}^{M} counts(v_{thj})} \quad (4)$$

Em quatro a razão dos somatórios nada mais é do que a razão do número total de de valores de potencial sobre o número de valores de potencial limiares total, para diminuir a notação chamarei aqui de ***R***. Assim:

$$P[spike|v_i] = R\, P[spike] \frac{counts(v_{thi})}{counts(v_i))} \quad (5)$$

A determinação de $P[spike]$, pode ser feita normalizando $P[spike|v_i]$:

$$\sum P[spike|v_i] = 1 \quad (6)$$

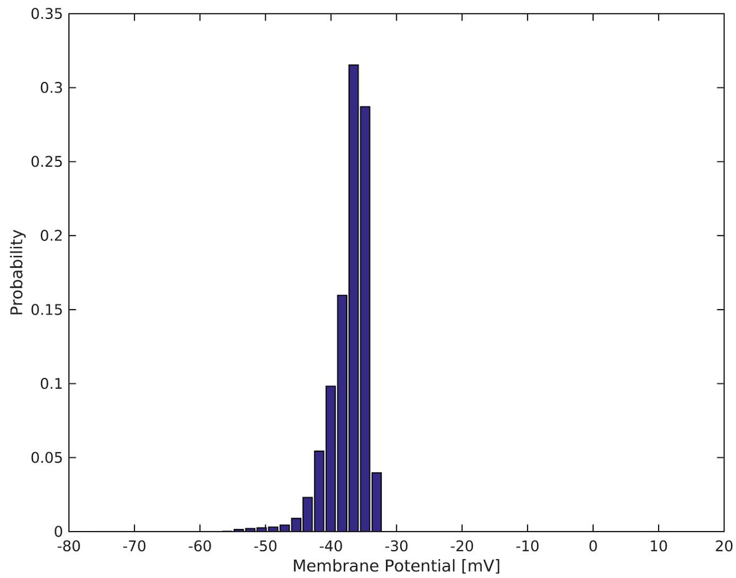
Realizando a conta temos:

$$P[spike] = \frac{1}{R}[\sum_i \frac{counts(v_{thi})}{counts(v_i)}]^{-1} \quad (7)$$

Sendo $\sum_i \frac{counts(v_{thi})}{counts(v_i)} = \Gamma$**,** e substituindo (7) em (5), temos:

$$P[spike|v_i] = \frac{1}{\Gamma} \frac{counts(v_{thi})}{counts(v_i))} \quad (8)$$

Resultado: Realizando os cálculos descritos anteriormente utilizando os dados experimentais disponíveis, chegamos na seguinte curva de probabilidade de disparo:



[1] Sekerli, M. Estimating Action Potential Thresholds From Neuronal Time-Series: New Metrics and Evaluation of Methodologies; IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING, VOL. 51, NO. 9, SEPTEMBER 2004