

Estudo da Formação de Poros na Membrana Durante a Eletroporação de Células Biológicas

L. S. Pereira¹, G. B. Pintarelli¹, D. O. H. Suzuki¹

1. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, SC, Brasil

Introdução: Este trabalho tem como objetivo o estudo da eletroporação. O fenômeno explica a abertura de poros na membrana plasmática de uma célula biológica sob efeito de um campo elétrico. Logo, ele é uma ferramenta que permite a troca de material com a célula. Essa dinâmica de abertura de poros será analisada, utilizando modelagem matemática, a partir da variação da amplitude e duração do pulso elétrico aplicado, verificação do potencial transmembrana e condutividade celular.

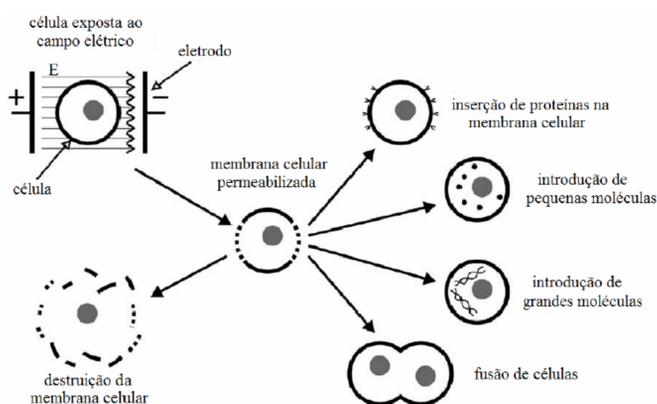


Figura 1. Exemplos de aplicações da eletroporação.

Métodos Computacionais: O modelo matemático da eletroporação utilizado é baseado no de Smoluchowski. Este descreve alterações elétricas e mecânicas da membrana celular em função do campo elétrico aplicado. A geometria utilizada segue conforme a Figura 2. E utilizando o módulo AC/DC do COMSOL Multiphysics, é possível verificar distribuição de potencial elétrico na Figura 3.

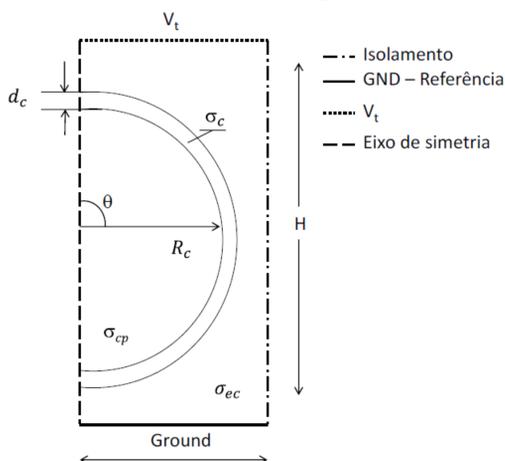


Figura 2. Geometria celular.

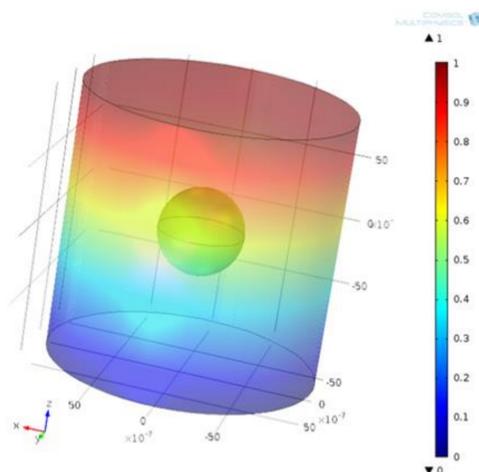


Figura 3. Distribuição de potencial elétrico no sistema eletrodos-célula.

Resultados: Os experimentos foram realizados em duas etapas, sendo que na primeira manteve-se a amplitude do pulso em 200V e variou-se a duração em 100μs, 100ns e 15ns. Na segunda, mantendo a duração do pulso em 100μs, variou-se a amplitude para 100V, 200V e 300V. Em ambos os experimentos, verificou-se alteração do potencial transmembrana (V_m), e é ele que define o destino final dos poros. Quando $0.2V < V_m < 1V$, os poros gerados se fecham ao final do estímulo (eletroporação reversível). Já para $V_m > 1V$, os poros permanecerão abertos (eletroporação irreversível). Já, um V_m abaixo de 0.2V, não é suficiente para provocar a eletroporação. Obteve-se as respostas da Tabela 1.

1ª etapa	V_m máximo	2ª etapa	V_m máximo
200V, 100μs	1.4V	300V, 100μs	1.6V
200V, 100ns	0.34V	200V, 100μs	1.4V
200V, 15ns	0.009V	100V, 100μs	0.65V

Tabela 1. V_m para variações de amplitude e duração do pulso elétrico.

Conclusões: Observou-se que quanto menor a duração do pulso, menor será V_m para uma mesma amplitude. Além disso, para uma mesma duração de pulso, a redução da amplitude implica na redução de V_m .

Referências:

- Kotnik et al, Electroporation-based applications in biotechnology, 2015.
- Miklavcic et al, A Time-Dependent Numerical Model of Transmembrane Voltage Inducement and Electroporation of Irregularly Shaped Cells, 2009.