

Plataformas interativas de biofísica para os cursos da área da saúde

Interactive biophysics platforms for healthcare courses

Nilton da Silva Oliveira Jr¹, Eric Alexandre Brito da Silva²

Resumo

Introdução: O ensino da disciplina de Biofísica para as ciências da saúde desde sempre exigiu grandes esforços por parte dos docentes. Com o avanço dos sistemas computacionais, os simuladores permitiram tornar algo que é abstrato (propriedades biofísicas) aos alunos em algo inteligível. No intuito de adequar-se a essas novas tecnologias, os docentes e as grandes universidades adquiriram e iniciaram o uso dessas ferramentas para otimizar o ensino da disciplina. Pensando-se em uma alternativa disponível publicamente em língua portuguesa, o objetivo deste projeto de iniciação científica foi a criação de dois simuladores computacionais, o primeiro elaborado em planilhas do Excel e o segundo em plataformas com interface para uso em navegadores de internet com o intuito de calcular propriedades bioelétricas de membranas celulares e facilitar o ensino e o aprendizado desse tema para os alunos dos cursos da área da saúde. **Material e Métodos:** A elaboração do projeto compreendeu tarefas de levantamento bibliográfico, equacionamento de cálculos de biofísica e programação de sistemas em Visual Basic for Applications (VBA[®]) e C#[®] (ambas linguagens de programação proprietárias da Microsoft[™]). **Resultados e Discussão:** O simulador de propriedades elétricas de membrana celular, nomeado de BioEletric9 já se encontra implementado e os testes realizados para averiguar sua funcionalidade e coerência dos cálculos foram satisfatórios, o que já permite utilizá-la em atividades didáticas. **Conclusões:** A planilha em Excel já é operacional e permite ao professor sua utilização didática como recurso informacional em sala de aula/laboratório de

informática. O programa BioEletric9 encontra-se em seus últimos estágios de finalização e será submetido a uma otimização de layout depois de ter seus erros de execução corrigidos.

Palavras chave: Mídias sociais, Biofísica, Ciências da saúde, Internet

Abstract

Introduction: The teaching of biophysics for health sciences has always demanded great efforts on the part of the professors. Because of the computer systems advances, the simulators can enable students to turn something abstract (biophysical properties) into something intelligible. In order to adapt to the new technology, professors and large universities have acquired these tools and started using them to optimize the teaching of the subject. An undergraduate research project was created, as an alternative publicly available in Portuguese, where two computer simulators would be created, the first one elaborated in Excel spreadsheets and the second one in platforms with an interface for using it in internet browsers with the purpose of calculating bioelectric properties of cell membranes and facilitating the teaching and learning of this topic for students in health care courses. **Materials and Methods:** The elaboration of the project consisted of bibliographic survey, equation of biophysics calculations and systems programming in Visual Basic for Applications (VBA[®]) and C#[®] (both Microsoft[™] proprietary programming languages). **Results and Discussion:** The simulator of the electrical properties of cell membranes, named BioEletric9 has already been implemented and the tests carried out to ascertain its functionality and the coherence of the calculations were satisfactory, which has already validated it to be used in teaching activities. **Conclusions:** The Excel spreadsheet is already operational and allows the teacher to use it as an information resource in the classroom or computer lab. The BioEletric9 program is in its final stages of adjustment and will be subjected to a layout optimization after having its execution errors corrected.

Keywords: Social media, Biophysics, Health sciences, Internet

1. Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo. Curso de Graduação em Medicina. São Paulo – SP – Brasil

2. Universidade Nove de Julho (UNINOVE). Departamento de Saúde. São Paulo – SP – Brasil

Trabalho realizado: Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo. Curso de Graduação em Medicina. São Paulo – SP – Brasil/ Universidade Nove de Julho (UNINOVE). Departamento de Saúde. São Paulo – SP – Brasil

Endereço para correspondência: Nilton da Silva Oliveira Jr. Rua Maria do Nascimento Boz Vidal, 1449 - Vila Suíssa - 08810-100 - Mogi das Cruzes – SP - Brasil

Introdução

O ensino da disciplina de Biofísica para as ciências da saúde desde sempre exigiu grandes esforços por parte dos docentes, visto que, as propriedades físicas dos vários sistemas orgânicos não eram passíveis de visualização ou outra forma de contato direto por parte dos alunos, dificultando o aprendizado por parte destes.

As referências com o título de Biofísica acabam sendo em sua grande maioria voltadas para o público da área de exatas, ficando as referências de fisiologia destinadas aos estudantes das áreas da saúde quando necessitam um suporte de biofísica. Esse fato ocorre devido à complexidade de aplicações da física na biologia. Para responder os diversos fenômenos dos seres vivos são necessárias várias equações que, às vezes, necessitam de tratamento matemático sofisticado. Então, por mais que tentem focar os livros de Biofísica aos estudantes da área da saúde, é impossível não ter uma abordagem matemática⁽¹⁻⁶⁾.

Contudo, com o avanço dos sistemas computacionais, os simuladores permitiram tornar algo que é abstrato (propriedades biofísicas) aos alunos em algo inteligível, seja como vídeos ou como ferramentas de cálculo dessas propriedades com demonstração de resultados em tempo real. Um exemplo é o software PhysioEx9,0⁽⁷⁾. A última versão deste software possui 66 atividades de laboratório que podem ser simuladas usando apenas um navegador de internet. Sem dúvida é um software muito didático e muito útil para complementar os conceitos abordados, mas ele não possui uma versão em português e não é um software livre.

Na internet há também alguns sites de simulações e animações relacionados aos conceitos de física aplicados à biologia ou mesmo só de fisiologia que são interessantes e trazem uma interatividade para as sala de aula⁽⁸⁾. Mesmo esses sites são aplicados somente num assunto específico, por exemplo, na gênese do potencial de repouso e ação ou para a biofísica do sistema circulatório⁽⁹⁾. Os sites de simulação que existem em língua inglesa possuem algum tipo de interatividade, podendo o aluno alterar as concentrações dos componentes intra e extracelular o que provoca uma mudança no potencial elétrico da membrana. Esses ambientes virtuais com simulações em alguns casos se apresentam de maneira confusa e não muito didática. Em língua portuguesa é difícil encontrar essas simulações aplicadas à biofísica.

Em 2010 foi publicado um trabalho de mestrado com o título “Biofísica Aplicada a Enfermagem”⁽¹⁰⁾. O material didático disponível na internet tem abordagem teórica e reúne vários links de vídeos de programas de canais de televisão conhecidos, tais como National Geographic e Discovery Channel, como também fornece textos de artigos científicos da área. Com certeza é um bom material de apoio, mas falta interatividade⁽¹¹⁾.

No intuito de adequar-se a essas novas tecnologias, os docentes e as grandes universidades adquiriram e iniciaram

o uso dessas ferramentas para otimizar o ensino da biofísica e melhorar a compreensão da disciplina por parte de seus alunos, dispondo de recursos financeiros para sua aquisição. Entretanto, questionou-se o porquê não se desenvolver, no ambiente universitário, software para tal propósito, customizado para as necessidades locais e que, por ser projeto acadêmico, fosse de plataforma livre e disponível amplamente para fins educacionais.

A resposta surgiu na forma de um trabalho de conclusão de curso e um projeto de iniciação científica, ambos parte de linha de pesquisa do professor orientador desses dois trabalhos⁽¹²⁾, inicialmente realizados na Universidade Nove de Julho (UNINOVE)⁽¹²⁾.

Em 2015, já foi realizado um trabalho com este mesmo foco, mas utilizando a plataforma Delphi para desenvolvimento de um sistema computacional aplicado para cálculo e ensino de propriedades biofísicas que abrangesse o tema hemodinâmica para ser utilizado como material de apoio dos professores da área da saúde.⁽¹³⁾

Neste projeto foram criados dois simuladores computacionais, o primeiro elaborado em planilhas do Excel e o segundo em plataformas com interface para uso em navegadores de internet, que abre a possibilidade para uso em qualquer computador, com o intuito de calcular propriedades bioelétricas de membranas celulares e facilitar o ensino e o aprendizado desse tema para os alunos dos cursos da área da saúde.

Material e Métodos

A elaboração do projeto compreendeu tarefas de levantamento bibliográfico, equacionamento de cálculos de biofísica e programação de sistemas em Visual Basic for Applications (VBA[®]) e C#[®] (ambas linguagens de programação proprietárias da Microsoft[™]). Isso foi realizado em três etapas:

1 ETAPA

- 1.1 Levantamento bibliográfico para a coleta de dados quantitativos para serem utilizados nas fórmulas de biofísicas e aplicar em simulações;
- 1.2 Coleta dos dados quantitativos;
- 1.3 Familiarização com a plataforma Microsoft Excel;

2 ETAPA

- 2.1 Criação das planilhas para cada tópico;
- 2.2 Aplicação das planilhas desenvolvidas numa plataforma interativa para utilização nas aulas;

3 ETAPA

- 3.1 Elaboração do software para a plataforma de internet.
- 3.2 Para essa terceira etapa foi utilizado o compilador Visual Studio.NET Companion 2015, disponível na parceria da UNINOVE com a Microsoft[™] que permite a criação

de sites dinâmicos e interativos, atendendo aos propósitos do projeto em pauta.

Resultados e Discussão

O simulador de propriedades elétricas de membrana celular já se encontra implementado e os testes realizados para averiguar sua funcionalidade e coerência dos cálculos foram satisfatórios, o que já permite utilizá-lo em atividades didáticas.

Para sua elaboração decidiu-se utilizar a versão 2016 do Microsoft Excel, disponível gratuitamente aos alunos da UNINOVE por meio de convênio desta com a Microsoft.

Na Figura 1 é apresentado a interface gráfica da planilha de cálculo de propriedades elétricas de membrana que permite ao usuário alterar os valores de cálcio, potássio, sódio, entrar com os dados de concentrações internas e externas de íons e condutividade na equação de David Goldman⁽¹⁴⁾. O software ainda indica se os meios estão em estado de hipo, normo ou hiper concentração. A partir daí é calculado o potencial de membrana.

Há também a possibilidade de se calcular o potencial de membrana utilizando a equação da Condutividade, sendo sua utilização similar ao método anterior.

A plataforma em Excel tem por vantagens a fácil utilização por parte dos alunos e professores, além do Excel

CÁLCULO DO POTENCIAL DE MEMBRANA

A) MÉTODO DA PERMEABILIDADE - GOLDMAN

INSTRUÇÕES

- 1) Preencha os valores das concentrações interna e externa de cada íon na tabela acima
- 2) Preencha os valores da Permeabilidade (P) para cada íon na tabela abaixo
- 3) O valor calculado para o Potencial de Membrana (Em) para este método será mostrado no campo correspondente

Íon	Ci (mM)	Ce (mM)	Estado	Eíon (mV)	P*10 ⁻⁸ (cm/s)
K+	140	5,5	Hipercalémia	-85,7517	650
Na+	15	120	Hiponatremia	55,0885	15
Cl-	15	108	Normal	-52,2973	45

$$E_m = -61 \log \left(\frac{C_{iK}P_K + C_{iNa}P_{Na} + C_{eCl}P_{Cl}}{C_{eK}P_K + C_{eNa}P_{Na} + C_{iCl}P_{Cl}} \right)$$

Figura 1 – Planilha em Excel para cálculo de propriedades bioelétricas de membranas - método de Goldman.

B) MÉTODO DA CONDUTIVIDADE

- 1) Preencha os valores das concentrações interna e externa de cada íon na tabela acima
- 2) Preencha os valores das condutividades (g) para cada íon na tabela abaixo
- 3) O valor calculado para o Potencial de Membrana (Em) para este método será mostrado no campo correspondente

Íon	Ci (mM)	Ce (mM)	Estado	Eíon (mV)	g (S/cm ²)
K	140	6	Hipercalémia	-83,4466	0,4
Na	15	120	Hiponatremia	55,08849	5
Cl	15	108	Normal	-52,2973	0,18

$$E_m = \frac{g_K E_K + g_{Na} E_{Na} + g_{Cl} E_{Cl}}{g_K + g_{Na} + g_{Cl}}$$

Em = 41,69360245 mV

Figura 2 – Planilha em Excel para cálculo de propriedades bioelétricas de membranas - método da Condutividade.

contar com inúmeras funções matemáticas intrínsecas que otimizam o cálculo de todas as propriedades biofísicas em questão. Entretanto, tem como desvantagens o fato de o Excel ser um software proprietário e sua presença ser necessária no computador do utilizador (ou esse ter uma conta online no Office 365).

Quanto ao software para internet, optou-se por desenvolvê-lo na plataforma Microsoft Visual Studio.NET Community 2015, em linguagem C#, dada a disponibilidade dessa ferramenta para os acadêmicos. Denominamos este software de BioElettric9.

Os recursos de cálculo de propriedades elétricas de membranas do software para internet já se encontram desenvolvidos, apresentando alguns erros operacionais (bugs),

o que é normal na etapa de desenvolvimento de qualquer software computacional.

Após correção desses bugs, elencava-se a instalação do site em um provedor de internet da própria universidade, que permitiria o acesso remoto por alunos e professores, dando assim início, à utilização didática do site em atividades de biofísica.

Nas Figuras 3 a 5 são apresentadas imagens da interface gráfica do programa.

Uma propriedade, em fase final de implantação é a geração de gráficos das propriedades físicas de membranas. Isso já é possível, indiretamente, na planilha em Excel, conforme apresentado na Figura 6 e é o objetivo de posterior implementação na versão web. Com esta aplicação,

Biofísica Web

CÁLCULO DO POTENCIAL ELÉTRICO DOS PRINCIPAIS ÍONS ENVOLVIDOS COM PROCESSOS BIOELÉTRICOS

INSTRUÇÕES

1) Preencha os valores da Concentração Externa (Ce) e da Concentração Interna (Ci) de cada um dos Íons
2) O valor calculado para o Potencial Elétrico (Eion) de cada íon será atualizado na coluna correspondente, seguindo a equação de Nernst, abaixo

Equação de Nernst

$$E_{ion} = -\frac{61}{Z} \log \left(\frac{C_i}{C_e} \right)$$

Íon	$C_i(mM)$	$C_e(mM)$	$E_{ion}(mV)$
K^+	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Na^+	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Cl^-	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Figura 3 – Software para internet para o cálculo de propriedades bioelétricas de membranas, cálculo de potenciais de íons. Similar à planilha em Excel, aqui são inseridos valores de concentrações internas e externas de íons para cálculo do potencial de Nernst destes.

CÁLCULO DO POTENCIAL DE MEMBRANA

A) MÉTODO DA PERMEABILIDADE - GOLDMAN

INSTRUÇÕES

1) Preencha os valores das concentrações interna e externa de cada íon na tabela acima
2) Preencha os valores da Permeabilidade (p) para cada íon na tabela abaixo
3) O valor calculado para o Potencial de Membrana (Em) para este método será mostrado no campo correspondente

$$E_m = \left(\frac{C_i K P_K + C_i Na P_{Na} + C_e Cl P_{Cl}}{C_e K P_K + C_e Na P_{Na} + C_i Cl P_{Cl}} \right)$$

Íon	$C_i(mM)$	$C_e(mM)$	$E_{ion}(mV)$	$P \times 10^{-8}(cm/s)$
K^+	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Na^+	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Cl^-	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Figura 4 – Software BioElettric9, versão internet. Tela para o cálculo de potencial de membrana utilizando fórmula de Goldman, na qual são dados de entrada as concentrações internas e externas dos íons, seus potenciais de Nernst e os valores de permeabilidade destes.

B) MÉTODO DA CONDUTIVIDADE

INSTRUÇÕES

- 1) Preencha os valores das concentrações interna e externa de cada íon na tabela acima
- 2) Preencha os valores da Condutividade (g) para cada íon na tabela abaixo
- 3) O valor calculado para o Potencial de Membrana (Em) para este método será mostrado no campo correspondente

$$E_m = \frac{g_K E_K + g_{Na} E_{Na} + g_{Cl} E_{Cl}}{g_K + g_{Na} + g_{Cl}}$$

Íon	$C_i(mM)$	$C_e(mM)$	$E_{ion}(mV)$	$g(s/cm^2)$
K^+				
Na^+				
Cl^-				

Calcular

Figura 5 – Software BioEeltric9, versão internet. Tela para o cálculo de potencial de membrana utilizando fórmula da Condutividade. Aqui também são inseridos os valores de concentrações internas e externas dos íons e seus potenciais de Nernst, bem como os valores de condutividade destes.

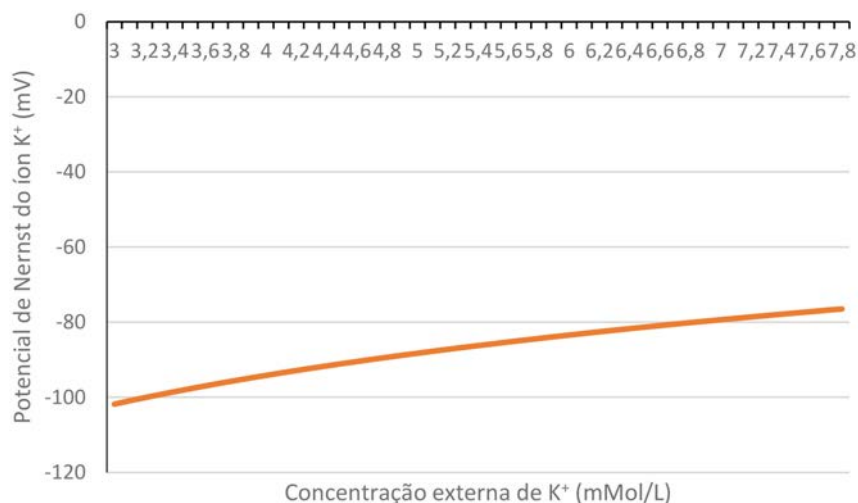


Figura 6 – Tabela relacionando concentração de potássio no líquido extracelular com o Potencial de Nernst deste íon. Nela pode-se observar estados de hipo, normo e hipercalemia.

é possível analisar melhor a influência das variações das concentrações iônicas na gênese do potencial da membrana e investigar aplicações em diversos casos clínicos.

Conclusões

A planilha em Excel já é operacional e permite ao professor sua utilização didática como recurso informacional em sala de aula/laboratório de informática. O programa **BioEeltric9** encontra-se em seus últimos estágios e será submetido a uma otimização de layout depois de ter seus erros de execução corrigidos.

Como atributos desse programa, destacam-se gratuidade, possibilidade de personalização, layout adaptável a plataformas móveis e totalmente em português.

Verificou-se que o desenvolvimento do projeto alcançou e atendeu os objetivos propostos de modo satisfatório. A partir de sua implementação haverá um ganho em simulações acadêmicas referentes às propriedades bioelétricas de membranas celulares. O emprego da plataforma por meio de qualquer computador, permitirá à unidade educacional não mais prescindir de um laboratório específico ou de licenças pagas. A utilização concomitante entre professor e aluno otimiza o aprendizado pois é mais dinâmica e possibilita

alternar teoria e parte prática no mesmo momento educacional; mesmo nos casos de ensino à distância, permitindo que essa “estrutura” de ensino possa ser mantida.

Os passos seguintes serão a disponibilização de textos de apoio para as atividades didáticas a serem exploradas com o software, questões de estudo relacionadas à biofísica de potenciais de membranas e elaboração de casos clínicos nos quais o software poderia ser aplicado, fazendo uma ligação entre as bases teóricas das disciplinas com a realidade clínica de um profissional de saúde.

Referências

1. Cameron J, Skofronick J. Medical physics. New York: John Wiley & Sons; 1978. 615p.
2. Hall S. Biomecânica básica. 3ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2000. 417p.
3. Heneine I. Biofísica básica. São Paulo: Atheneu; 1990. 311p.
4. Okuno E, Caldas I, Chow C. Física para ciências biológicas e biomédicas. São Paulo: Harbra; 1986. 490p.
5. Garcia E. Biofísica. São Paulo: Sarvier; 2002. 387p.
6. Rodas Durán JE. Biofísica: fundamentos e aplicações. São Paulo: Person Prentice Hall; 2003. 318p.
7. Physiology LLSi. PhysioEx9,0. Pearson Education; 2011.
8. UNICHIG. Electrophysiology and the molecular basis of excitability. [Internet]. Chicago (IL) University of Chicago. [citado 2020 Dez 12]. Disponível em: <http://nerve.bsd.uchicago.edu/nerve1.html>.
9. Nave R. Poiseuille's law. [Internet]. Atlanta(GA): Georgia State University, Department of Physics and Astronomy; 2012. [citado 2020 Dez 12]. Disponível em: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/ppois2.html>.
10. Guimarães FSP. Biofísica: Elaboração de um material didático para o curso de enfermagem. Dissertação [Mestrado]. Belo Horizonte: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais; 2010.
11. Guimarães FSP. Biofísica aplicada à enfermagem 2010. [Internet]. [citado 2020 Dez 11]. Disponível em: <http://www.biofísica.xpg.com.br/>.
12. Silva E, Grosso A. Elaboração de uma plataforma interativa de biofísica e fisiologia para aplicação didática nos cursos da área da saúde. Iniciação Científica (Graduação em Medicina). São Paulo: Universidade Nove de Julho; 2016.
13. Arçari P. Elaboração de uma plataforma interativa de biofísica e fisiologia para aplicação didática nos cursos da área da saúde. Monografia [Trabalho de Conclusão de Curso]. São Paulo: Universidade Nove de Julho; 2015.
14. A Equação de Hodgkin-Katz-Goldman. [Internet]. [citado 2020 Dez 11]. Disponível em: <http://www.bioinfo.ufc.br/obj/gal/hodgkin.php>.

Trabalho recebido: 14/12/2020

Trabalho aprovado: 19/08/2021

Trabalho publicado: 14/09/2021

Editor Responsável: Prof. Dr. Eitan Naaman Berezin – Editor Chefe